

思维导图伴你学修车系列

中国汽车
诊断师大赛
指定教材

70图讲透

分析尾气排故障

◎ 主编　杨增雨
◎ 主审　阚有波



★ 500个实战案例精华提炼
★ 25年维修经验总结
★ 故障现象本质化
★ 诊断思路形象化
★ 检测方法简便化



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

VISIT…

LANZAROTE

Caliente.com

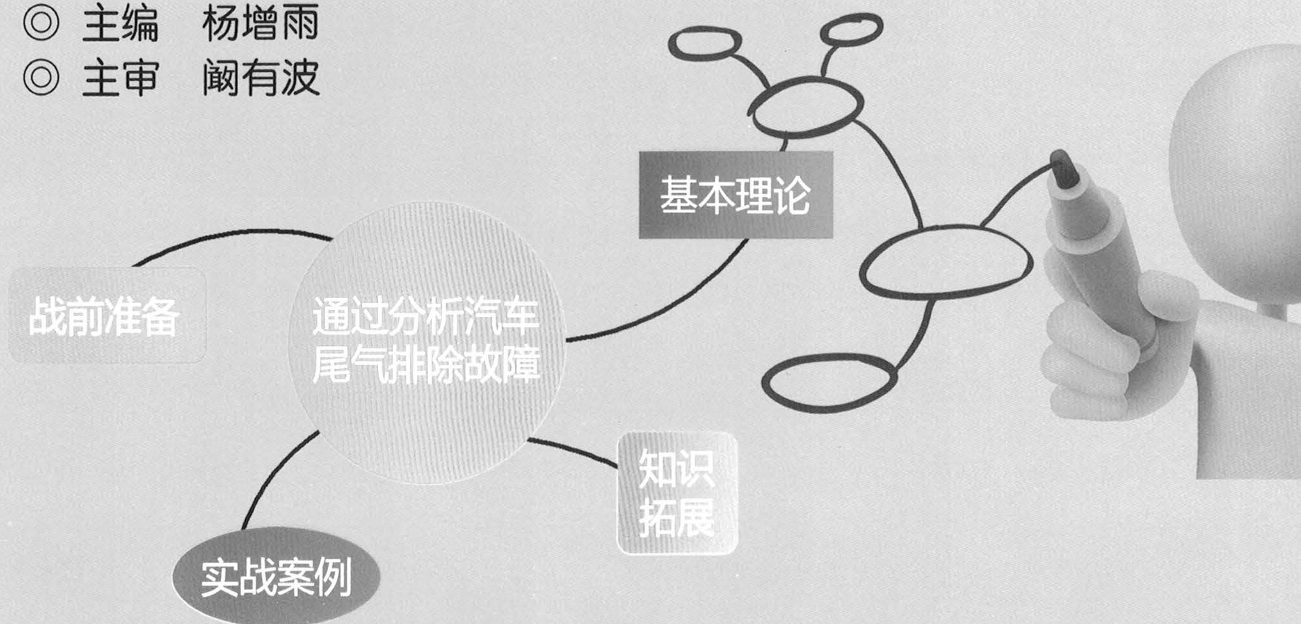

思维导图伴你学修车系列

中国汽车
诊断师大赛
指定教材

70图讲透

分析尾气排故障

◎ 主编　杨增雨
◎ 主审　阚有波




机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书以思维导图这种学习方法为主线，将与尾气相关的故障加以整理、归纳、总结，可以指导维修人员在接触故障车辆第一步——故障诊断中保持正确性与规范性，以提高故障诊断的效率与准确性。

本书收录了关于尾气超标治理的多个案例及其拓展应用，几乎囊括了所有尾气超标的原因，可以作为维修人员平时工作中的“临床”参考手册，对症下药。面对错综复杂的汽车故障，诊断思路是最重要的。希望读者朋友们通过思维导图这个思维工具，有条理地分析汽车故障，让大脑中杂乱无章的数据库变得井井有条，快速输出诊断方法。

图书在版编目（CIP）数据

70图讲透分析尾气排故障 / 杨增雨主编 . —北京：机械工业出版社，2017.7
（思维导图伴你学修车系列）
ISBN 978-7-111-57718-8

Ⅰ . ① 7… Ⅱ . ①杨… Ⅲ . ①汽车－排气系统－故障诊断－图解
Ⅳ . ① U472.41-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2017）第 196507 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）
策划编辑：何士娟 孙 鹏 责任编辑：孙 鹏 何士娟
责任校对：黄兴伟 潘 蕊 封面设计：张 静
责任印制：常天培
北京联兴盛业印刷股份有限公司印刷
2018 年 1 月第 1 版第 1 次印刷
184mm × 260mm · 8.25 印张 · 插页 · 210 千字
0001—3000 册
标准书号：ISBN 978-7-111-57718-8
定价：49.90 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
电话服务 网络服务
服务咨询热线：010-88361066 机 工 官 网 ：www.cmpbook.com
读者购书热线：010-68326294 机 工 官 博 ：weibo.com/cmp1952
010-88379203 金 书 网 ：www.golden-book.com
封面无防伪标均为盗版 教育服务网：www.cmpedu.com

序言

机遇永远留给有准备的人

当看到杨增雨老师这本书稿的时候，过去的几年经历历历在目。从一起交流尾气分析，到共同走上济南讲台，从思维导图的应用，到这本书的出版；从诊断师大赛的参赛选手，到诊断师大赛的评委，杨增雨老师从学员变成了老师。杨增雨老师并不是汽车维修圈中的名人，也不是大家耳熟能详的“专家”，但他却是我遇到的为数不多的真专家、实力派。

我一直在讲“通过发动机排放分析汽车燃烧故障”的课，还和杨老师联手讲过几次课，也一直想写一本关于“通过汽车排放判断汽车故障”的书，但是断断续续地还没有写完。直到有一天杨老师拿着书稿找我，我才意识到：看来就应该由杨老师写这样一本书——这是行业的众盼。

一提起尾气，我相信 99% 的人想到的都是环保，想到的是治理，想到的是不合格之后的事情。其实这是片面的，至少在对尾气的认识上是片面的。真正的尾气是“诊断发动机燃烧性能好坏”的最有效的依据。如果让我找一种汽车诊断界最有效的、最适合技术人员应用的、最值得普及的方法，那一定是“尾气分析”。

1. 行业认知误区

其实行业里对尾气分析的认识有几个非常大的误区：

① 尾气≠蓝天。尾气和蓝天有关系，但并非决定性影响因素。

② 尾气≠排放。最多只是发动机燃烧的排放。

③ 尾气≠尾气分析仪。尾气分析仪的数据可以造假，而尾气不能够造假。

④ 尾气≠环保检查。环保关注的是不合格的尾气，而我关注的是所有的尾气。

这几个误区断送了“通过尾气分析故障”这么好的方法，如果说知识的差距导致了行动的莽撞，那么理念的差距直接导致了发展进程的缓慢。我今年在云南、吉林、上海、苏州、深圳、济南等很多城市进行了一系列的公益巡讲，结果发现，上面的认识误区是普遍存在的。这一路下来，就更激发了我要把“通过尾气分析诊断汽车故障”这一方法推向全中国的信念。

2. 实现真正价值

基于以上误区，很多修理行业从业者就进行着错误的甚至是观念错误的“尾气分析”，那么，尾气分析到底是什么？

① 尾气是诊断发动机燃烧好坏的道具！

② 尾气是各种保养有没有效果的验证！

③ 尾气是汽车诊断与维修有没有真本事的体现！

④ 尾气是修理厂留住客户的必杀武器！

所以说，这不仅是技术范围的知识，也是经营范围的知识，甚至是客户开发的知识。那么，尾气和我们有什么关系呢？

① 尾气和技术人员有什么关系？

——可以协助快速诊断发动机故障。

② 尾气和企业老板有什么关系？
——可以快速对燃烧不好的发动机对症下药。
③ 尾气和汽车车主有什么关系？
——可以早期发现发动机会出现的问题。
④ 尾气和蓝天白云有什么关系？
——可以减少雾霾。
⑤ 尾气和尾气分析仪有什么关系？
——可以提高使用效率，不再浪费设备。
⑥ 尾气和配件用品有什么关系？
——可以提高正品和优质产品的销售数量。

3. 一点点看法

本书不是书，而是一本图集，看图学知识，记得住，记得牢！本书不是一个人写的，而是一群懂汽车懂诊断的汽车诊断师的记录！本书不是教材，而是实践中的指导手册！

在编写的过程中，本书是按照读者的心路过程编写的，就像一个逐步深入的心理行走路线，把我们对尾气的各种问题和知识点通过每天一问的形式娓娓道来，结合图表、对话的方式完成。

本书不是一天两天就可以轻易看完的，要知道我在上学的时候，花了 3 年的时间专门学习汽车排放，所以读者们也不要急于求成。

现在赶上了好时侯，赶上了国家真正对环保问题出重拳，赶上了这本书的出版，因此读者们可以快速地学以致用。

针对雾霾和尾气超标的热门话题，本书以尾气分析仪在汽车维修中的使用为主线，对尾气超标治理方法进行了整理。本书利用思维导图这个思维工具，让读者通过分析故障现象和尾气数据，就能自己分析“病因”，排除故障，摆脱以往对尾气排放故障“菜鸟”级维修，到达专业级的维修水平。

本书通过 70 张思维导图，讲透了关于尾气超标的治理方法，并且将尾气分析仪在故障诊断中做了拓展应用，真正玩转了尾气分析仪。书中的这些“临床”数据是非常真实且宝贵的，几乎囊括了所有尾气超标的原因，都是作者亲自参与维修的案例，可以用做大家平时工作中参考，根据故障现象“对症下药”。

本书不仅仅从技术角度提高大家诊断排放超标故障的能力，还提供了非常好用的“流程工具表”，从实战角度解决了汽修厂赢利、国家环保和车主利益三者之间的矛盾。

希望本书能够帮助你达到以下目的：让超标车达标，让修理厂赢利，让车主省油。最重要的是——让我们的生态环境更美好！

前言

据统计，一辆有燃烧故障的车，其排气中有害气体的含量是正常车的 30 倍以上。也就是说，一辆“病车”，可能会排放出相当于 30 多辆正常车的污染物。

我们汽车维修人员是最清楚汽车尾气各种数据的人，因此，我们有责任把每辆车的污染物排放量降到最低。治好一辆“病车”，相当于减少几辆甚至 30 余辆汽车的排放——我们学习汽车尾气治理技术，不仅仅是为车主提供优质的维修服务，还要让车更省油、更好用、更环保，为找回祖国的蓝天白云奉献自己的力量。

以前我们修车，只要求车能跑就行，但是现在要维护汽车的各种性能，尤其要争取让每一辆车都能实现其自身最优的排放性能。随着电控燃油喷射发动机的出现，原来的化油器技术已被淘汰，适宜在汽车上应用的各种节能减排技术的发展也越来越快，这是人类持续发展的必然要求。

为了解决汽车尾气污染，在技术上实现了发动机电控燃油喷射的闭环调节和三元催化的净化技术，已经大大减少了汽车尾气污染物的排放。但是，如果车主在使用中没有按规定进行相关的保养与维修，污染物排放将达不到标准要求。谁能解决这个问题？只有我们各位汽车维护蓝衣卫士。因为汽车尾气污染是汽车使用过程中出现的问题，全国在用车辆大部分是使用 3 年以上的旧车，汽车对环境所造成的污染也主要是这部分车辆造成的。

阚有波老师有句话：“汽车尾气对环境的污染不是环保局治理出来的，而是汽车在使用过程中用出来的”，越来越多的车主都意识到保护环境的重要性，认识到通过维修能够使汽车尾气污染达到非常低的水平。通过维修治理尾气，不仅仅可以保护环境，更可以让车主得到实惠——省油、可靠、好用。这需要我们全国几百万汽车维修技术人员的共同努力。我们应该完成两个工作：一是提高自己的技术能力，解决尾气超标的问题；二是在维修工作中，让车主理解治理尾气的重要性，让每一位车主愿意为蓝天白云保养好自己的车辆。

万事开头难，作为先行者，我们深知要付出很多。尾气治理不仅仅是技术问题，还是思想问题。要想解决全国的汽车尾气污染问题，要让车主重视起来，要让维修技术人员重视起来，思想上重视了，大家才能不断提高自己的技术水平，解决问题的办法就会越来越多，从而使汽车这个推动社会进步的工具与环境保护之间的矛盾得到解决。为此，我们总结多年的经验编写了此书。

本书以思维导图为主线，将与尾气相关的故障加以整理、归纳、总结，可以指导维修人员在接触故障车辆第一步——故障诊断中保持正确性与规范性，以提高故障诊断的效率与准确性。面对错综复杂的汽车故障，诊断思路是最重要的。思路来自于对汽车整体工作原理的详细、深入、全面的理解。本书借助思维导图这个思维工具，条理性地分析汽车故障，触发诊断人员的灵感，让大脑中杂乱无章的数据库变得井井有条，快速地输出诊断方法。

本书由杨增雨主编，阚有波老师为主审，渠桦老师也给予了大力支持。另外，岳润喜、宫万东、张兰须、赵昌建、沈鑫、王日福、王佳豪、于红波、曹娜、陈明刚、程晓杰、徐国佳、王树磊等参与了编写。在此，对他们表示衷心的感谢。

因水平有限，书中难免存在疏漏之处，望广大读者提出宝贵意见。

杨增雨

2017 初

目录

序言
前言

1 汽车尾气超标概述

1.1 警惕！你的汽车正在排放有害气体 …… 1
1.2 汽车尾气对环境的污染 …… 2
1.3 汽车尾气超标三大原因 …… 3
1.4 我国汽车尾气排放标准 …… 4

2 看懂尾气检测报告单

2.1 尾气污染物检测方法 …… 6
2.2 看懂检测报告单数据 …… 8
2.3 分析 HC 排放超标的原因 …… 10
2.4 NO_x 的成因、正常范围、分析方法以及诊断流程 …… 11
2.5 如何分析 CO 排放超标故障 …… 12
2.6 如何分析 CO_2 失常的原因 …… 13
2.7 过量空气系数 λ 超标原因分析 …… 14
2.8 如何分析 O_2 失常的原因 …… 16

3 学会分析混合气相关故障

3.1 电喷汽油发动机混合气控制原理 …… 17
3.2 发动机电控系统是怎样修正混合气的 …… 18
3.3 以大众车为例分析混合气过浓故障 …… 19
3.4 怎样分析混合气过稀故障 …… 21
3.5 怎样分析混合气偶发性过浓或过稀故障 …… 22
3.6 怎样利用发动机的进气量分析故障 …… 23
3.7 怎样利用发动机负荷率数据分析故障 …… 24
3.8 怎样利用长期和短期修正数据分析混合气控制故障 …… 25
3.9 怎样利用氧传感器数据分析故障 …… 28
3.10 怎样分析发动机失火故障 …… 29
3.11 用思维导图学习大众车混合气修正 …… 30

4 学会分析与排放有关的故障

4.1 分析与排放有关的传感器故障 …… 31
4.1.1 4 线氧传感器是如何工作的 …… 31
4.1.2 4 线氧传感器 10min 快速诊断法 …… 33
4.1.3 怎样诊断氧传感器相关的故障码 …… 35

4.1.4　6 线氧传感器是如何工作的 …… 37
4.1.5　如何用解码器分析前、后氧传感器相关数据 …… 38
4.1.6　怎样快速诊断 6 线氧传感器 …… 41
4.1.7　氧传感器是空燃比传感器吗 …… 42
4.1.8　空气流量传感器损坏后对于尾气有什么影响 …… 43
4.1.9　冷却液温度传感器损坏后对于尾气有什么影响 …… 45
4.1.10　凸轮轴位置传感器损坏后对尾气有何影响 …… 47
4.2　分析与排放有关的执行器故障 …… 49
4.2.1　EGR 阀损坏后对尾气有何影响 …… 49
4.2.2　喷油器故障对尾气有何影响 …… 51
4.2.3　活性炭罐系统故障对尾气有什么影响 …… 53
4.2.4　点火系统失效对尾气有什么影响 …… 55
4.2.5　可变配气相位系统失效对尾气有什么影响 …… 57
4.2.6　汽油压力异常对尾气有什么影响 …… 58
4.3　分析与排放有关的机械故障 …… 60
4.3.1　机械系统老化对尾气有什么影响 …… 60
4.3.2　气门间隙过小对尾气成分的影响 …… 62
4.3.3　配气相位错误对尾气有什么影响 …… 64
4.3.4　进气系统漏气对尾气有何影响 …… 66
4.3.5　排气管漏气对尾气成分的影响 …… 68

5　学习三元催化转化器相关知识（机外净化）

5.1　用五刀法学习三元催化转化器知识 …… 70
5.2　用外观法和替换法诊断三元催化转化器（方法 1~ 方法 3） …… 73
5.3　用净化性能分析法诊断三元催化转化器（方法 4~ 方法 7） …… 74
5.4　诊断三元催化转化器是否堵塞（方法 8~ 方法 11） …… 76
5.5　如何用解码器诊断三元催化转化器是否损坏（方法 12~ 方法 17） …… 77
5.6　三元催化转化器使用注意事项 …… 78
5.7　三元催化转化器的应急维修方法 …… 79

6　典型故障案例分析

6.1　宝来氧传感器损坏导致排放升高 …… 80
6.2　桑塔纳 3000 保养不到位造成尾气超标 …… 82
6.3　羚羊 1300 尾气超标 …… 84
6.4　2011 年帕萨特领驭发动机高速动力不足 …… 86
6.5　2011 年马自达 3 发动机故障灯亮 …… 88
6.6　一汽自由风尾气超标 …… 90
6.7　伊兰特尾气超标 …… 93
6.8　雪佛兰乐驰尾气超标 …… 95
6.9　奇瑞 QQ3 尾气超标 …… 97

7 尾气分析仪的拓展应用

7.1 尾气分析仪的拓展应用概述 …… 99
7.2 怎样用尾气分析仪检测油耗高故障 …… 100
7.3 怎样用尾气分析仪判断缸垫是否冲坏 …… 102
7.4 怎样找到“亚健康”的车 …… 105
7.5 怎样用尾气分析仪检验“三清”产品的质量 …… 106
7.6 怎样用尾气分析仪检验大修发动机的维修质量 …… 107
7.7 怎样用尾气分析仪诊断疑难故障 …… 108
7.8 帕萨特 B5 起动困难且发动机缺缸 …… 112
7.9 怎样用尾气分析仪寻找汽油味的来源 …… 115

8 尾气治理经验总结

8.1 尾气治理总结 …… 116
8.2 怎样让尾气治理技术在汽修企业经营中落地 …… 118
8.3 尾气分析仪在实际操作中有哪些常见问题 …… 120
8.4 防治雾霾，国外都采取了哪些措施 …… 121

汽车尾气超标概述 1

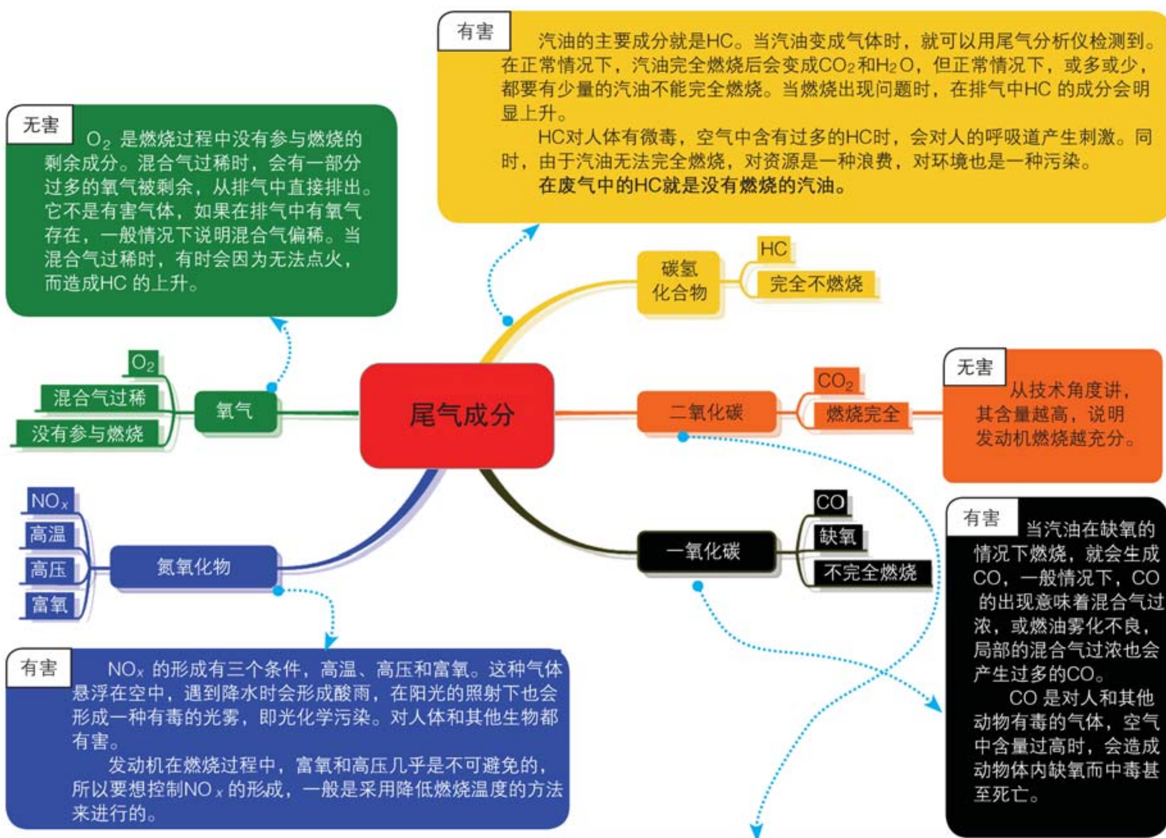
1.1 警惕！你的汽车正在排放有害气体

随着汽车保有量的日益增长，人们对汽车对环境的影响越来越重视，怎样才能解决汽车尾气对于环境的污染，是一个涉及多方面的问题，本书主要从技术方面来分析、解决有关的问题。

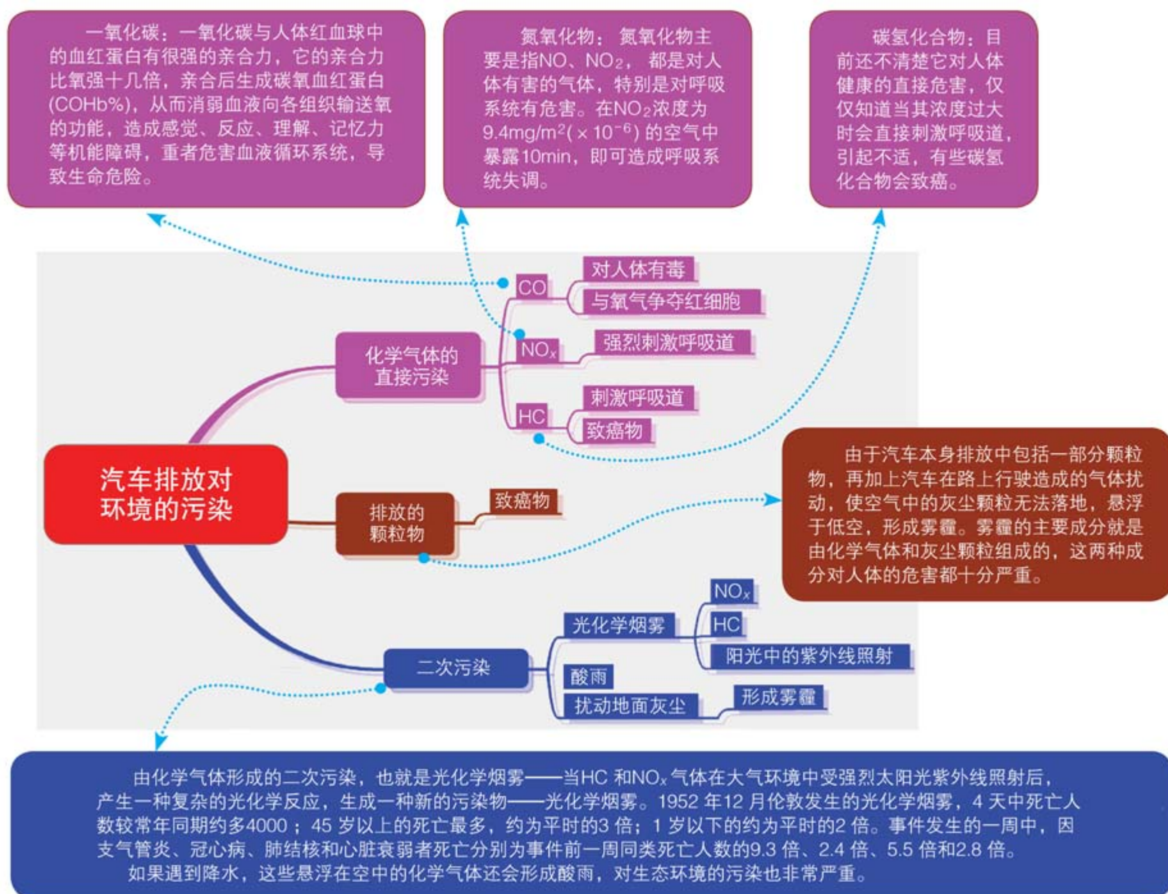
2001 年 5 月 31 日起，国家环保局规定禁止生产化油器汽车；2001 年 9 月 2 日起，在全国范围内禁止销售化油器式轿车及 5 座客车；2001 年 10 月，国家实施国 I 排放标准。从那时起，因为电控燃油喷射发动机比化油器发动机排放低的原因，化油器逐渐被淘汰，电控燃油喷射发动机在设计时就已经解决汽车尾气污染的问题，主要是两个方面的措施：一个是发动机机内净化技术（闭环混合气控制技术）；另一个是机外净化技术（三元催化转化器）。

在设计制造阶段已经解决的问题，为什么汽车在使用过程中会再次出现尾气超标的问题呢？这要从尾气主要成分说起。

汽车尾气的主要成分有 5 种：HC、CO、NO_x、O_2 和 CO_2。



1.2 汽车尾气对环境的污染



问 电控发动机的怠速转速可以调整吗？

答 电控燃油喷射发动机的怠速转速不可调整，也不需要调整。一听到这个问题就知道这是一个老驾驶人问的。因为在原来化油器的设计中，怠速转速可以在相当大的范围内任意调整，但到了电控燃油喷射发动机就没有人为调整怠速转速的装置了，这是为什么呢？电控燃油喷射发动机可以实现对发动机精确的控制，转速波动范围不大，我们以前有调整怠速转速的工作，是因为化油器这个机械装置不太稳定，会随着使用时间的延长不断轻微变化，而电控发动机相对工作稳定，保持怠速转速不变化。在发动机设计时应已经留有余量，没有必要频繁调整。而一旦出现怠速转速超出设计范围，通常问题就比较严重了，需要进行维修、保养，在将怠速转速拉回原来范围的同时，给其自动调整留出余量。当外在负荷出现变化时，发动机怠速转速的自动调节能力远大于以前。电喷发动机普及化以后，冷车高怠速使发动机工作稳定，起动性能更好，车辆起步时，怠速控制系统会自动增加进气量，需要驾驶人干预的操作要求降低了，所以车辆的易操作性能提高了。

问 尾气超标能否“治”好？

答 只要有正确的方法，汽修尾气超标厂一定能治好。汽油品质并不是引起尾气超标的主要原因，根据我们多年的实测维修经验得出结论：大多数尾气超标的真正原因是因为我们修理厂和车主对车辆排放的忽视，造成保养不到位引起的超标。

通过尾气检测分析，我们发现，只要是尾气超标的车，大多数是燃烧效率下降，肯定车主的汽油有一部分没有用来驱动车辆，而是对环境污染做了“贡献”。真正的尾气治理，可以让这些浪费了的汽油变成驱动汽车的动力，从而为车主省油，为环保做贡献。

1.3 汽车尾气超标三大原因

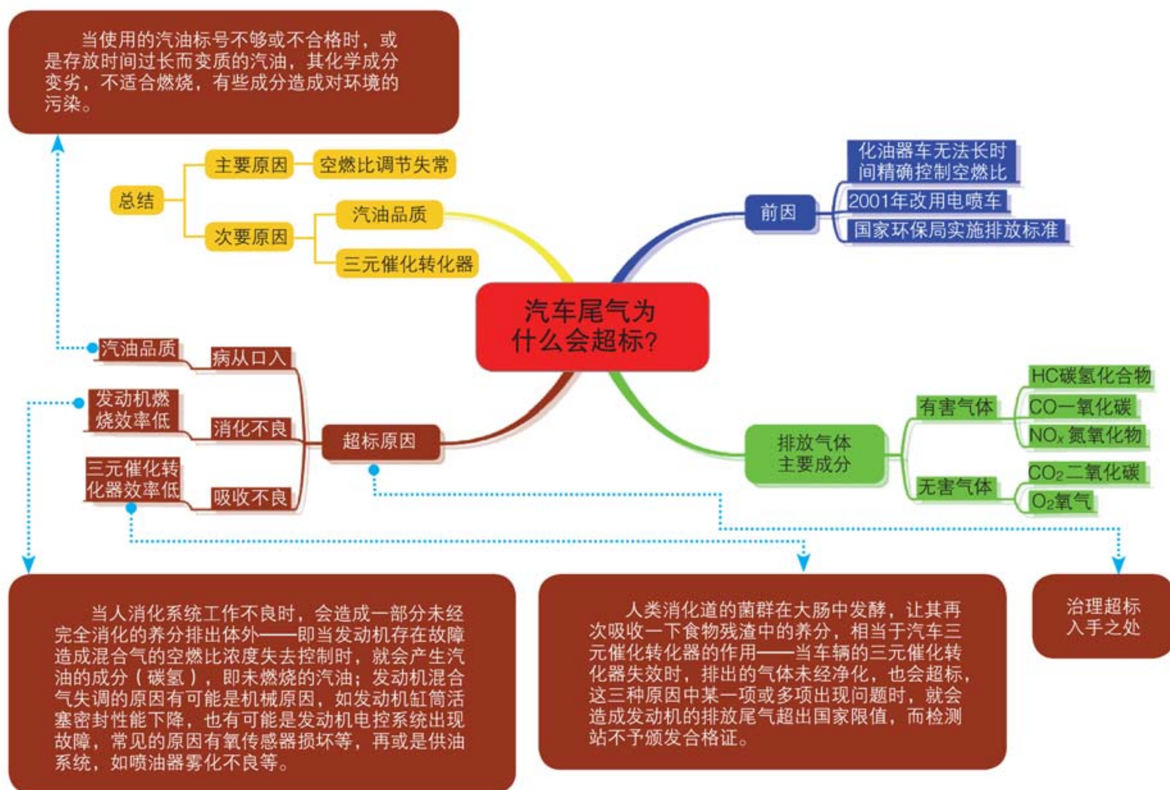
大多数工况下，发动机的混合气采用闭环调节，可以把有害气体的排放降到最低，从发动机排气歧管排出后再经过三元催化转化器的净化，则可以实现非常低的排放。

随着发动机使用时间的延长，可能出现混合气闭环调节被打破的情况。如果正常保养，可以长时间使发动机保持在正常情况下，而如果不按规定的情况进行保养，则有可能会出现发动机处于开环控制状态。这时的排放会明显升高，超过国家要求，这时我们就认定此车的排放超标。从开始偏离正常调节范围到超标是一个过程，是逐渐发生的，在一定程度内，发动机的自学习功能可以达到纠偏的作用。随着问题越来越严重，可能会超出发动机自学习纠偏的能力，最终形成混合气失调故障，也就形成了超标排放的事实。我们学习尾气治理技术，就是将偏离正常的混合气闭环调节，拉回到正常状态，使闭环调节稳定在理想范围附近，保证各种工况下都有最低的排放。

其实，如果车辆无故障，则有害气体的含量就可以控制在一定的范围内，可以达到国家规定的值。

但随着车辆使用时间的延长，排气中的三种有害成分含量会越来越高。

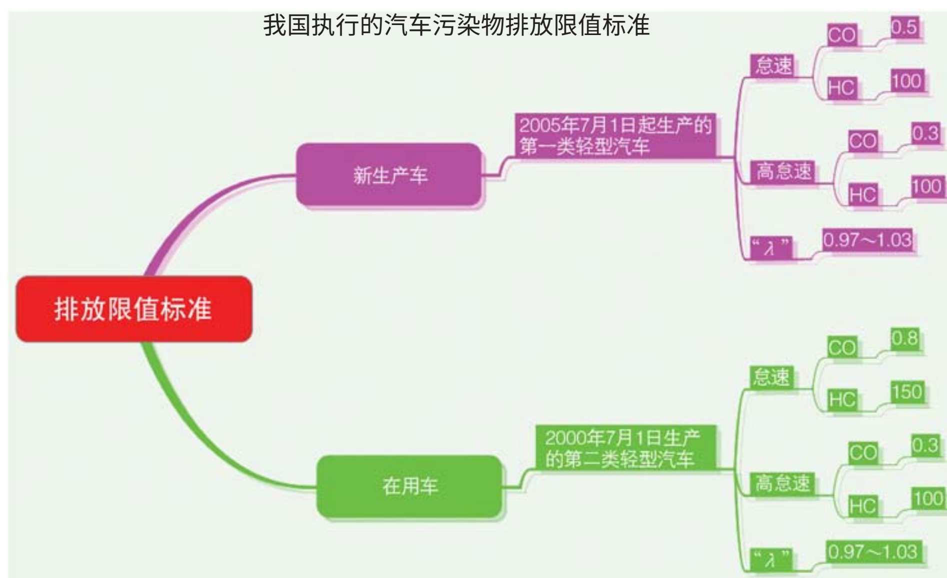
在汽车使用过程中，如果所使用的汽油不合格，或是发动机混合气浓度失控以及三元催化转化器损坏，都会造成尾气超标。



实际上，排气超标的主要原因还在于保养不到位，本身发动机在设计时已经解决了排放过高的问题，通过闭环调节和三元催化转化器的净化作用，能让尾气控制在一个合理的范围内，治理尾气的目的就是恢复发动机的低排放状态，保持正常的工作还有一个好处，就是可以节省燃油，高效利用石油资源。

尾气超标的标准是国家的规定，国家规定随着时间的推移不断在进行更新，更新的结果是越来越低的排放，越来越严的标准。

1.4 我国汽车尾气排放标准



一类是新车标准，即汽车制造厂出厂时应达到的标准

表 1　新生产汽车排气污染物排放限值（体积分数）

车型	类别			
	怠速		高怠速	
	CO(%)	HC(×10⁻⁶)	CO(%)	HC(×10⁻⁶)
2005 年 7 月 1 日起新生产的第一类轻型汽车	0.5	100	0.3	100
2005 年 7 月 1 日起新生产的第二类轻型汽车	0.8	150	0.5	150
2005 年 7 月 1 日起新生产的重型汽车	1.0	200	0.7	200

另一类是在用车标准，即在用车在当地环保检测站上执行的检测标准

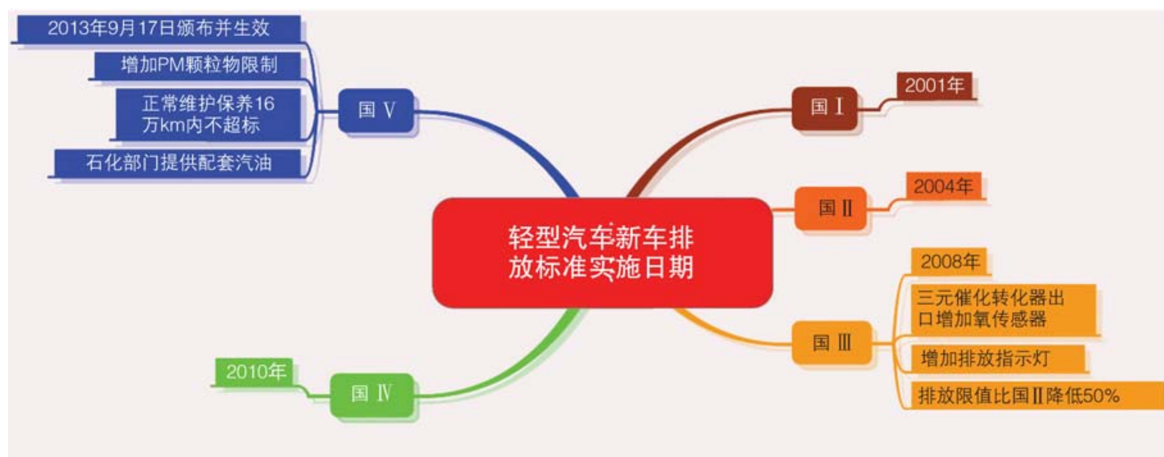
表 2　在用汽车排气污染物排放限值（体积分数）

车型	类别			
	怠速		高怠速	
	CO(%)	HC(×10⁻⁶)	CO(%)	HC(×10⁻⁶)
1995 年 7 月 1 日前生产的轻型汽车	4.5	1200	3.0	900
1995 年 7 月 1 日起生产的轻型汽车	4.5	900	3.0	900
2000 年 7 月 1 日起生产的第一类轻型汽车①	0.8	150	0.3	100
2001 年 10 月 1 日起生产的第二类轻型汽车	1.0	200	0.5	150
1995 年 7 月 1 日前生产的重型汽车	5.0	2000	3.5	1200
1995 年 7 月 1 日前生产的重型汽车	4.5	1200	3.0	900
2004 年 9 月 1 日前生产的重型汽车	1.5	250	0.7	200

① 对于 2001 年 5 月 31 日以前生产的 5 座以下（含 5 座）的微型面包车，执行 1995 年 7 月 1 日起生产的轻型汽车的排放限值。

GB 18285—2005《点燃式发动机汽车排气污染物排放限值及测量方法》对在用车排放监控要求：

① GB 18285—2005 自 2005 年 7 月 1 日起执行，全国点燃式发动机在用汽车排放监控，采用该标准规定的双怠速法排气污染物排放限值及测量方法，在机动车保有量大、污染严重地区，也可采用标准中所列的简易工况法。



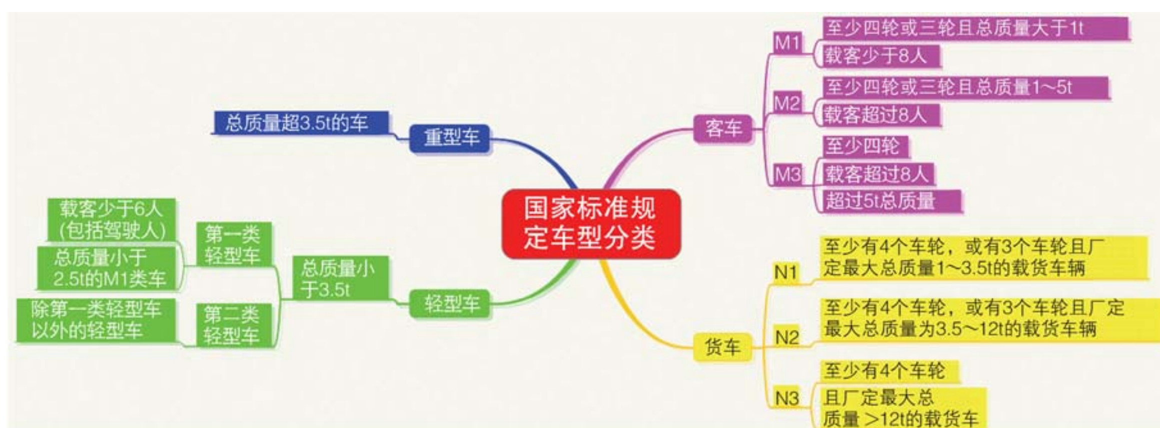
② 各省级环保行政主管部门可根据当地实际情况，确定在用汽车排放监控方案。

③ 采用简易工况法的地区，应制定地方排气污染物排放限值，经省级人民政府批准，报国务院环境保护行政主管部门备案后实施。

相关技术术语：

① 排气污染物：发动机排气管排放的污染物，包括三种有害的化学气体和固体颗粒物。三种有害化学气体是指：CO（一氧化碳）、HC（碳氢）和 NO_x（氮氧化物），固体颗粒物的主要成分是炭烟。

② 按国家标准，车辆类型可分为客车和货车，或者轻型车与重型车，如下图所示。



例如：海马海福星 1.53t，按上述分类方法，属于第一类轻型车。

③ 怠速与高怠速工况。

a）怠速工况指发动机无负荷运转状态，即离合器处于接合状态，手动变速器变速杆处于空档（自动变速器变速杆在 N 位或 P 位），加速踏板完全松开。

b）高怠速工况是指满足上述条件（最后一项除外），用加速踏板将发动机转速稳定在 50% 额定转速。轻型车为 2400~2600r/min，重型车为 1700~1900r/min。

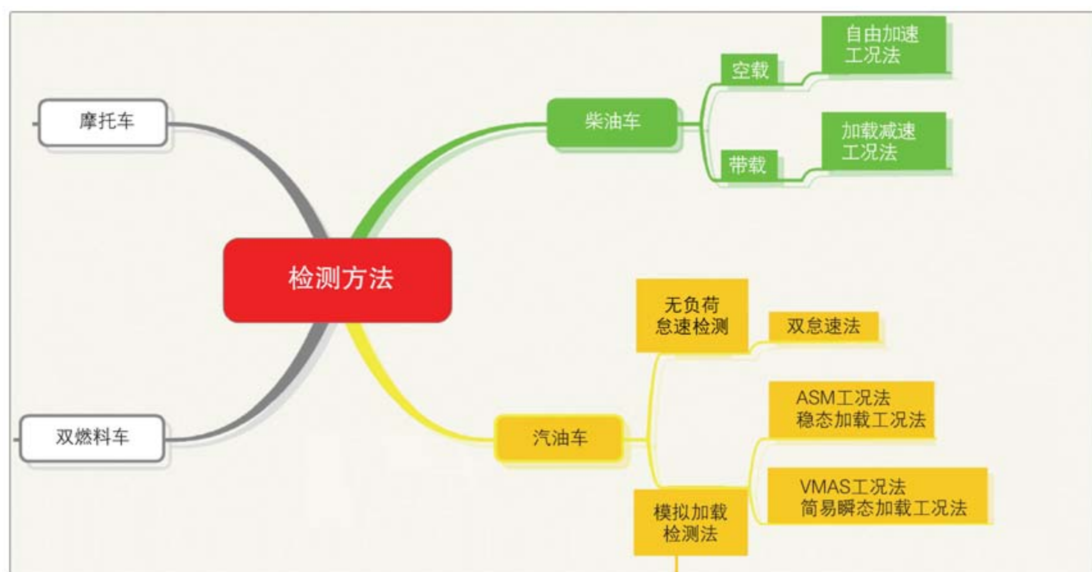
④ 额定转速：指发动机发出额定功率时的转速。

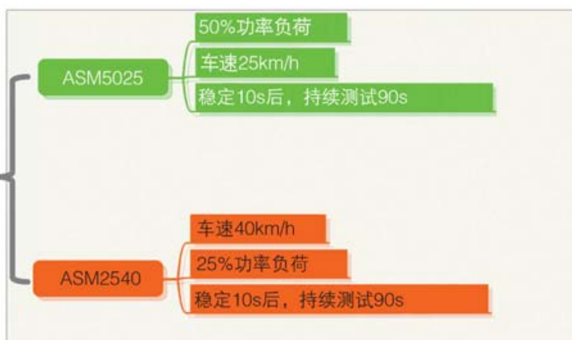
⑤ 过量空气系数 λ 为燃烧 1kg 燃料的实际空气量与理论所需空气量的质量比。

对于使用闭环控制电子燃油喷射系统和三元催化转化器技术的汽车进行过量空气系数（λ）的测定。发动机转速为高怠速转速时，λ 应为 1.00±0.03 或制造厂规定的范围内。进行 λ 测试前，应按照制造厂使用说明书的规定预热发动机。

看懂尾气检测报告单 2

2.1 尾气污染物检测方法





⊖ ASM 工况法是一种检测方法，简单讲就是将车辆开到底盘测功机上，着车后挂挡行驶，以模拟车辆在行驶状态下的排放情况。

三种方法

● 双怠速法

1. 检测前的准备工作

① 起动着车，将车辆预热至正常冷却液温度，空气滤清器正常安装，排气管安装正常。进气、排气系统不能有泄漏。

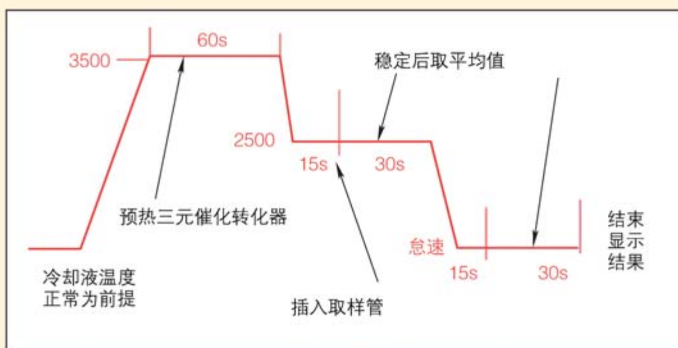
② 设置好尾气分析仪发动机冲程数，将机油温度传感器通过机油尺孔插到发动机机油底壳内的机油中。

③ 连接好尾气分析仪的发动机转速传感器。

④ 起动发动机，再次确认冷却液温度和机油温度都不低于 80°C。

2. 检测过程中的操作

按右图的曲线所示，将发动机转速升高到 3500r/min，维持 40s ；然后将尾气分析仪取样探头插入排气管中，插入深度不少于 400mm，再将发动机转速降到 2500r/min，维持 40s。此时尾气分析仪进入测量状态，分析仪上显示倒计时 40s。40s 后，高怠速检测完毕，仪器提示将发动机转速降至怠速，再检测 40s，检测完毕，仪器显示双怠速检测结果。



双怠速法对检测设备要求最低，可以检测且只能检测 HC 和 CO 两种排放气体的浓度，因为它不能进行模拟加载，所以不能反映 NO_x 的排放含量

● ASM 稳定工况法

可以进行模拟加载，比双怠速法更先进的是增加了 NO_x 的检测内容，更加科学。与双怠速法相同的是只能检测浓度，不能检测总量。

● VMAS 简易瞬态工况法

由连续加减速的方式来实现，可以进行模拟加载，包括怠速、加速、匀速和减速各种工况，所以可以更为科学真实地反映排放情况，并且比 ASM 更好的一点是，还可以检测到排放的总量而不是浓度，比稳态工况更省时、更科学。

2.2 看懂检测报告单数据

双怠速法是在发动机空载状态检测的，没有办法准确评价 NO_x 的排放量，所以双怠速检测标准并不限制 NO_x 的排放，具体采用哪一种检测方法，由当地环保部门指定，据了解大多数的检测站现在在用的检测标准大多为加载工况法。只有在模拟加载的情况下，才能较为准确地评估 NO_x 的排放量。

在双怠速标准中，λ 表示过量空气系数，是发动机混合气稀浓的一种表示办法，详见 2.6 节。

双怠速检测法就是在怠速和高怠速两种工况下，检测排放中两种有害气体 CO 和 HC 的体积分数，再加上过量空气系数 λ，只有以上 5 个数据都在国家要求的范围内，才算排放合格的车辆。

尾气双怠速法尾气检验报告单

1. 检测设备

检测通道编号：3 号汽油线　　检测次数：2

设备认证编码：—　　设备名称：工况法汽车排放测试系统

检测设备型号：MQW-50A　　制造厂：×××××× 电子科技有限公司

2. 检测环境状态

温度（℃）：18.3　　大气压（kPa）：101.4　　相对湿度（%）：52.7

3. 检测数据及结论

内容	过量空气系数（λ）	怠速		高怠速	
		CO（%）	HC（10^{-6}）	CO（%）	HC（10^{-6}）
检测数据	1.04	0.16	82	0.44	58
限值	0.97~1.03	0.80	150	0.30	100
检测结果	不合格	合格		结论：审检不通过	
结论	不通过				

声　明

本检测报告加盖本公司检验专用章方为有效。对本检测报告如有异议，请于收到本报告之日起十五日内提出，逾期恕不办理。本报告仅对被检测车辆负责。本报告未经本公司同意，不得部分复制，经同意复制的检测报告，应全文复制，并经本公司加盖检测专用章确认后，方为有效。

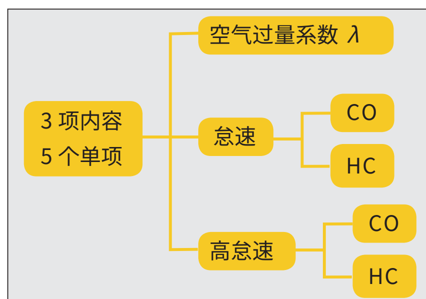
备　注

引车员：　　操作员：　　审核人：　　批准人：

检测站名称：

检测站地址：　　联系电话：

看检测单时，要注意以下 3 项内容和 5 个单项数据。

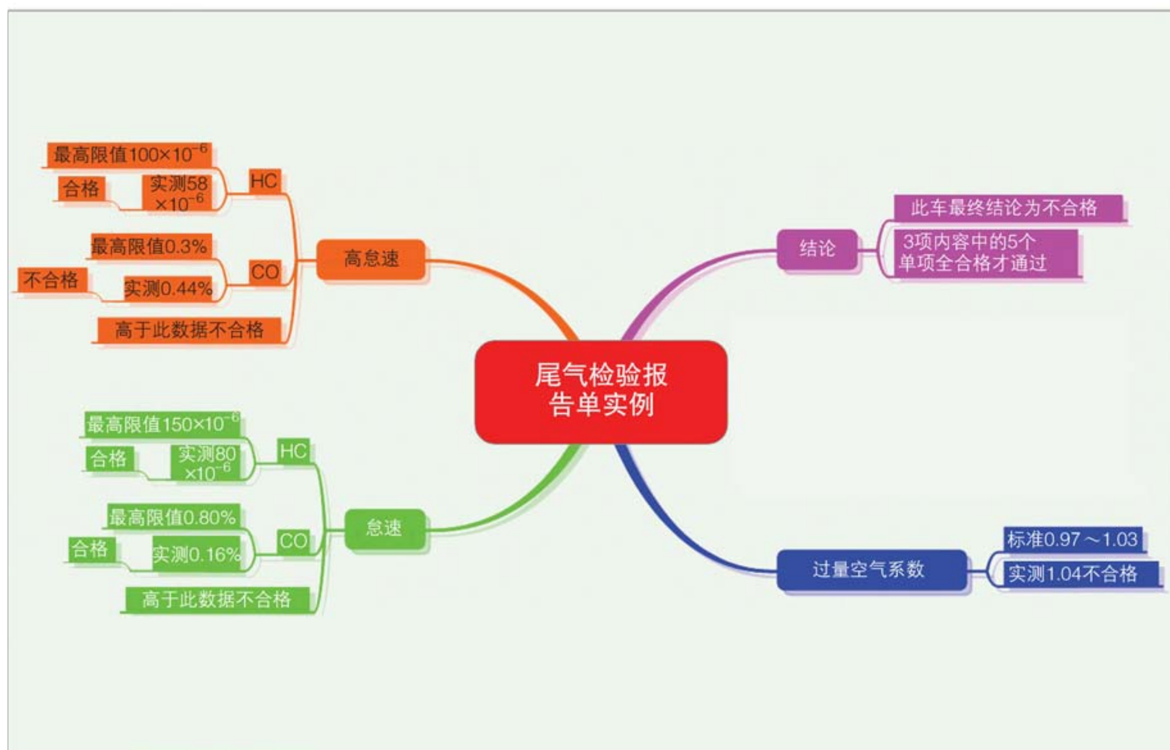


3 项内容：①过量空气系数；②怠速时的排放；③高怠速时的排放。

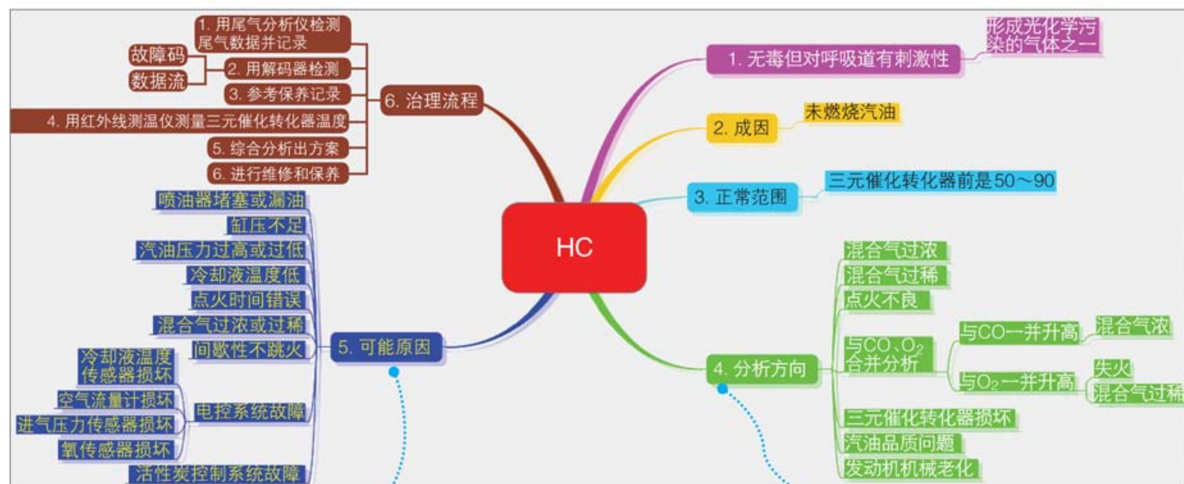
5 个单项：过量空气系数 λ、怠速时的 CO 排放、怠速时的 HC 排放、高怠速时的 CO 排放、高怠速时的 HC 排放。

只有 5 个单项都合格，尾气才能算合格。

就此车的案例具体讲，就是过量空气系数 λ 在 0.97~1.03 的范围内为合格，而此车的排放值为 1.04，超出限值，所以为不合格。另外此车高怠速状态下的 CO 限值为 0.3%，实测值为 0.44%，也不合格。所以，最终此车的尾气检测结论是：不合格。



2.3 分析 HC 排放超标的原因

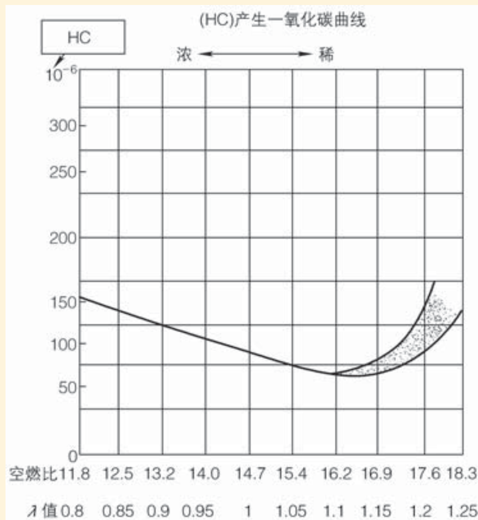


①点火系统缺火，氧传感器会输出低电压信号，因为有氧气排出，ECU会误认为是混合气过稀而做出加浓调整，从而引起HC 和CO 双重超标。
②点火时间调整不当
③混合气过稀或过浓
④气缸压力低
⑤残余废气过多，使燃烧效率变低，造成一部分汽油没有燃烧
⑥机油窜入缸内：检查曲轴箱通风及活塞环
⑦三元催化转化器损坏，无法对正常排出的HC 进行催化还原
⑧ ECU 损坏，造成混合比失调，引起HC 升高

在维修中如果遇到HC 过高的问题，可以从以下几个方面来入手：混合气过浓或过稀、点火系统有故障、三元催化转化器损坏、汽油品质不良、机械系统故障（如发动机老化或喷油器滴漏或汽油压力过高等）

HC 分析

① 特点　碳氢化合物（HC）是一种无毒，但对呼吸道有刺激性的气体，它是形成光化学烟雾的气体之一。



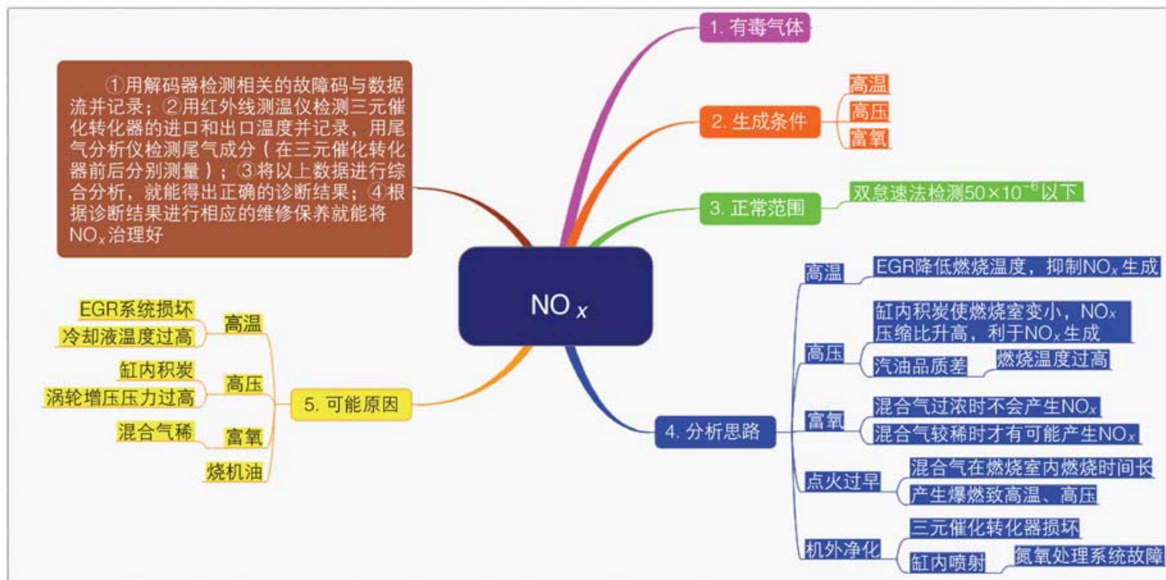
② 生成原因　汽车尾气中的 HC 成分就是未经燃烧的汽油，以气体形式直接排出的结果。所以，HC 排放升高，一定伴随着油耗增高，我们对其进行维修保养，在 HC 降低的同时，也一定会得到这样的结果——车更省油，也更环保，更节省能源。遇到这样的问题，一定给车主客户讲明白，他们一定愿意支持我们的工作。

③ 排放规律（右图）　混合气过浓或过稀时都会使 HC 排放升高。混合气过浓时，过剩的那一部分汽油无法与氧气产生燃烧反应，会直接排出；当混合气过稀时，稀到一定程度的混合气，将无法被点燃，同样会造成 HC 升高。

以上图可以看到，当空燃比不断变稀（从左往右），到 16.2 ∶ 1（此时对应 λ 值为 1.1）时，排气中的 HC 成分开始不降反升，因为此时混合气太稀无法点燃，造成未燃烧的汽油以 HC 气体方式直接排出。

④ 正常范围　上图表明在三元催化器前 HC 应在 80×10^{-6}，从三元后检测我们的经验值为 50×10^{-6} 以下。

2.4 NO_x 的成因、正常范围、分析方法以及诊断流程



（1）特点　NO_x 是一种对人体有毒气体，同时也是生成光化学烟雾和酸雨的主要化学气体。

（2）生成条件

高温：在高温下燃料中的原有的氮气（N_2）被氧化，生成 NO，然后，这种气体在空气中完全氧化形成 NO_2。高温是指当燃烧室内温度超过 1200℃就会产生 NO，高温是可以控制的因素。

高压：燃烧室内的高压也是形成 NO_x 的条件之一，但这个条件是没有办法避免的。

富氧：是现代发动机，尤其是缸内喷射发动机无法避免的。因为要想省油，就要采用富氧混合气，即稀于理论空燃比许多的混合气。

要想降低尾气排放中的 NO_x，就需要破坏 NO_x 的生成条件。高压和富氧没有办法避免，只剩下一种方法——降低燃烧室内的温度。所以，可以将燃烧后的废气有控制地再次引入燃烧室，这样可以充分降低燃烧时的温度。但是引入的废气的量一定要控制在一定范围内，才既能有效控制 NO_x 的生成，又不影响发动机的动力和燃烧的稳定。

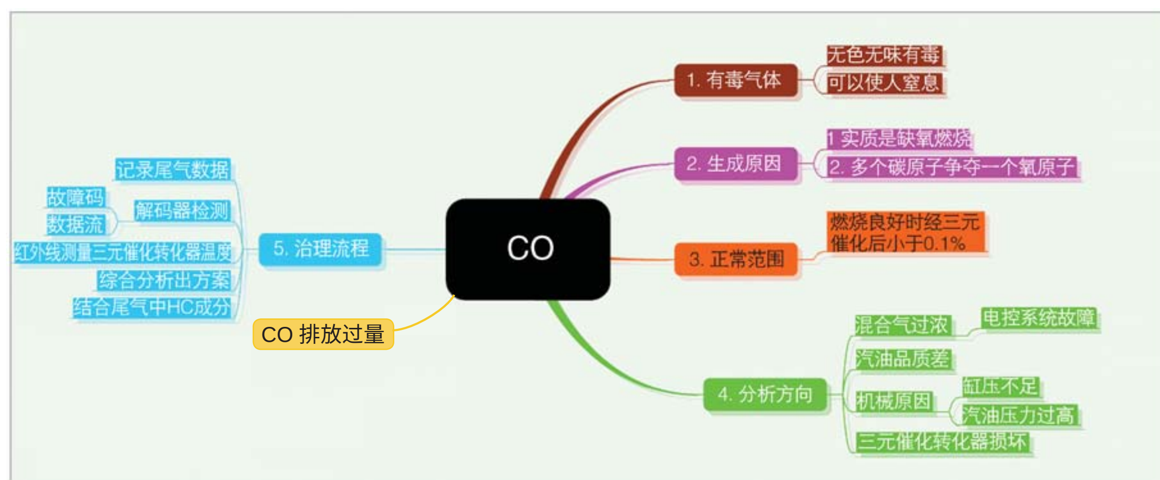
过多的废气会引起燃烧不良，造成发动机动力受到影响。在早期的发动机中，采用专门的废气再循环阀来控制废气的引入量。当可变配气正时出现后，可以采用改变配气相位的方法，晚关排气门，让一小部分废气残留在燃烧室中，从而控制燃烧温度，避免过多的 NO_x 生成。

（3）正常范围　如果用双怠速检测法，排气中的 NO_x 的典型值含量应该在 50×10^{-6} 以下。（从三元催化器后检测）。

（4）超标分析　高温、高压、富氧、点火过早和机外净化装置失效都会造成 NO_x 排放升高，应从这 5 个方面分析 NO_x 超标的原因。

（5）常见故障原因　① EGR 工作不良（EGR 只工作在中等负荷，怠速和大负荷时不工作），引入的废气过少或一点也没有引入。再或是发动机存在冷却液温度高故障。②发动机工作时出现爆燃（点火早，汽油标号低）。③压缩比过高（燃烧室内积炭过多）。④三元催化器失效。⑤发动机存在混合气过稀故障。⑥涡轮增压压力过高等。

2.5 如何分析 CO 排放超标故障



1. 特点

CO 是一种毒性很强的气体，空气中 CO 含量过高时，会造成动物体内缺氧而中毒，严重时甚至死亡。

2. 生成原因

当汽油在缺氧的情况下燃烧，就会生成 CO，一般情况下 CO 超标意味着混合气过浓，或者喷油器雾化不良（局部过浓）。

3. 正常范围

根据我们的经验，正常车辆从三元催化器出口检测到的 CO 含量，在 0.00~0.10 之间为正常。这是一个比较粗略的经验值，在分析 CO 数据时一定还要结合故障现象和其他排放数据综合分析，不能利用孤立的 CO 数据诊断故障原因加强显示。

4. 分析方向

总的来说，大方向不能错——“混合气过浓”。另外，汽油品质差会引起 CO 排放升高，机械压缩故障比如缸压不足也会引起 CO 升高，另外就是本来排放正常，但三元催化器失效也会造成不能进一步催化净化，引起 CO 超标。

5. 常见故障原因

① 汽油油压过高（测油压）。② 喷油器及其控制电路故障（清洗、测试喷油器及电路）。③ 测量各传感器。④ 蒸发物控制系统。⑤ 进气系统漏气（D 型系统）。⑥ 空气滤清器脏污或涡轮增压不良。⑦ 排气系统堵塞。⑧ 压缩压力不足。⑨ 催化器损坏。⑩ ECU 损坏。

总　　结

虽然原因只有上述几个方面，但在维修时要统一考虑，比如，我们在接车时要主动进行问诊，先了解汽油品质如何，如果没有问题，则可以进行用解码器调取故障码的检测，根据故障码进行分析，如果车辆在着车状态下有明显的汽油味重的表现，则先检测尾气也是可以的。但不管从哪里下手，中心思路一定围绕着上面的原因进行确诊，最好的方法是问题结合实际测量尾气数据，再结合故障码数据流以及三元催化转化器工作状态进行综合分析后，再得出最终的诊断结果。总之，我们的诊断结果是基于以下 4 个方面得来的：问诊（汽油品质与以前的保养内容）+ 解码器检测结果 + 三元催化转化器检测 + 尾气数据，因此是比较科学的。

2.6 如何分析 CO_2 失常的原因

单独分析 CO_2 的数据，当燃烧良好时可以判定，但通常有故障的车都小于正常值，到底是什么原因造成燃烧不良，仅靠CO_2这一个数据很难找到故障方向，所以要结合其他尾气数据进行分析，以确定故障原因是混合气稀还是浓，或是点火系统不良。另外，还要结合故障现象、解码器数据和其他可以定位故障的具体检查手段，比如检测汽油压力、用万用表检测传感器、用示波器检测点火波形以及用红外线测温仪测量三元催化转化器温度等。只有这样，才能准确、高效地诊断。

汽油是一种混合物，它的主要成分是各种碳氢化合物的混合物。正常情况下，汽油完全燃烧，会生成CO_2 和H_2O。

要让汽油完全燃烧，需要一定的条件，即空燃比要保持在14.7∶1附近，过稀的混合气会造成点火失败，过浓的混合气则会使汽油无法完全燃烧，产生CO。

在所有的排气成分中，CO_2 的含量越高，说明燃烧越充分。

除了空燃比以外，影响CO_2 的因素还有气缸压力、点火时间、点火能量和气缸压缩力等。

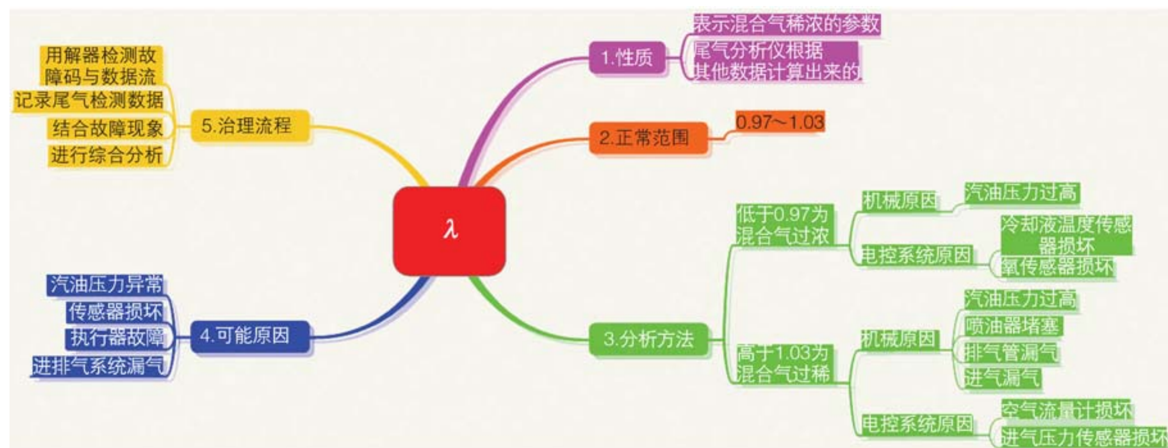


在用尾气分析仪诊断故障时，对于汽油发动机，若尾气中 CO_2 达到 15%左右，则说明发动机工作良好。当该数值低于 15%，尤其是小于13.5%时，就意味着存在燃烧不良现象，要结合其他数据和检测结果进行综合分析。

正常范围：点火时间正确，点火能量足够，混合气控制精确，机械压缩良好。

CO_2失常的表现通常是指CO_2的数据过低，即出现燃烧不良的问题。一般情况下，当CO_2 在13.5%以上时，表明点火系统基本正常，低于15%，在 13.5%~15% 之间表明混合气调节出现问题。乙醇汽油由于化学成分的影响，CO_2 值偏高，根据我们的经验，可以达到16%~20%。

2.7 过量空气系数 λ 超标原因分析



1. λ 是什么？

过量空气系数 λ 是表示混合气稀浓程度的一个参数，是尾气分析时根据检测结果中的尾气成分的浓度自动计算出来的一个数据。

λ 是表示混合气稀浓的另外一种方法。理论空燃比为 14.7 ∶ 1，即 14.7 份的空气与 1 份的汽油（质量比）在一起能完全燃烧，不剩余汽油也不剩余空气，这时的 λ 为 1.000。当混合气偏浓时，λ 值小于 1.000 ；当混合气偏稀时，λ 值大于 1.000。

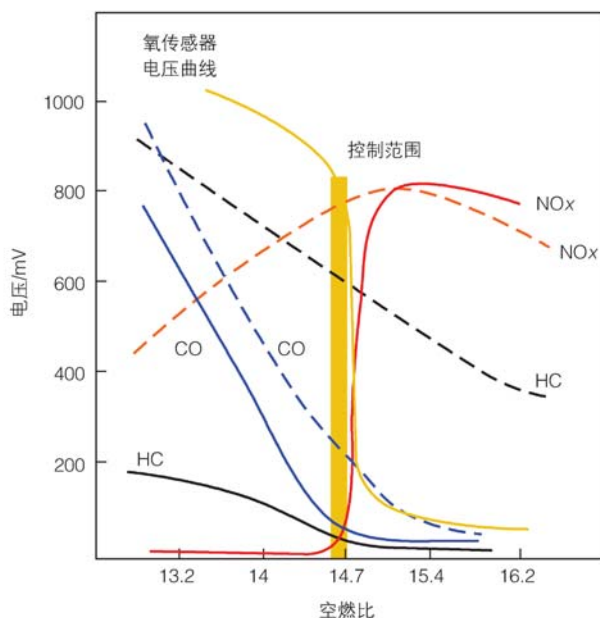
2. λ 的控制

在双怠速测量法中，要求 λ 在 0.97~1.03 的合理范围（空燃比为 14.22 ∶ 1~15.11 ∶ 1）。也就是说，除了以上两种气体排放有限制以外，还对 λ 值即混合气的稀浓有限制。从理论上讲，过稀的混合气易造成氮氧化物排放升高，且会因为混合气过稀，造成无法点燃，造成 HC 再次升高，而过浓的混合气则会直接造成 HC 和 CO 排量增多。

λ 作为排放限制的参数，是整体控制的数据，在双怠速中它起着整体控制的作用。相关的排放参数关系曲线如图所示。

空燃比为 14.4 ∶ 1 时，氧传感器信号电压为 0.9V ；空燃比为 15 ∶ 1 时，氧传感器信号电压为 0.1V。普通氧传感器可能检测的空燃比的范围很窄，一般为 14.3~15.1。当超出这个范围的空燃比时，氧传感器仅能大致反映出混合气的稀浓，无法精确知道稀浓的程度。

下图中实线对应的是三元催化转化器催化后测量到的排放曲线，虚线表示三元催化转化器催化以前的排放曲线。从图中可以看到，当空燃比在 14.7 ∶ 1 附近时，三元催化转化器可以有效催化三种有害气体，尤其是对于 NO_x 排放的作用。当空燃比超过 14.7 ∶ 1 混合气偏稀时，催化作用明显减弱，呈直线上升。



在发动机运行工程中，大部分时间内混合气处于闭环控制状态，混合气的 λ 值在上述范围内，而在开环控制状态仍需以车辆的行驶性能为主进行调控，比如急加速状态，则必须使混合气加浓；而急减速状态，为了减少排放，也要进行减速断油；在冷车状态时，为了保持发动机工作稳定，则要进行适当的暖机加浓。在行车过程中，使用最多的还是暖机后的部分负荷工况，在这种工况下则保持混合气闭环调节。

综上所述，发动机混合气的控制最终目标是把实际空燃比控制在 14.7 ∶ 1 附近。在不影响行驶性能的前提下，达到有害气体排放最低的目的。所以，λ 值应控制在 0.97~1.03 范围内。

3. λ 的实际应用

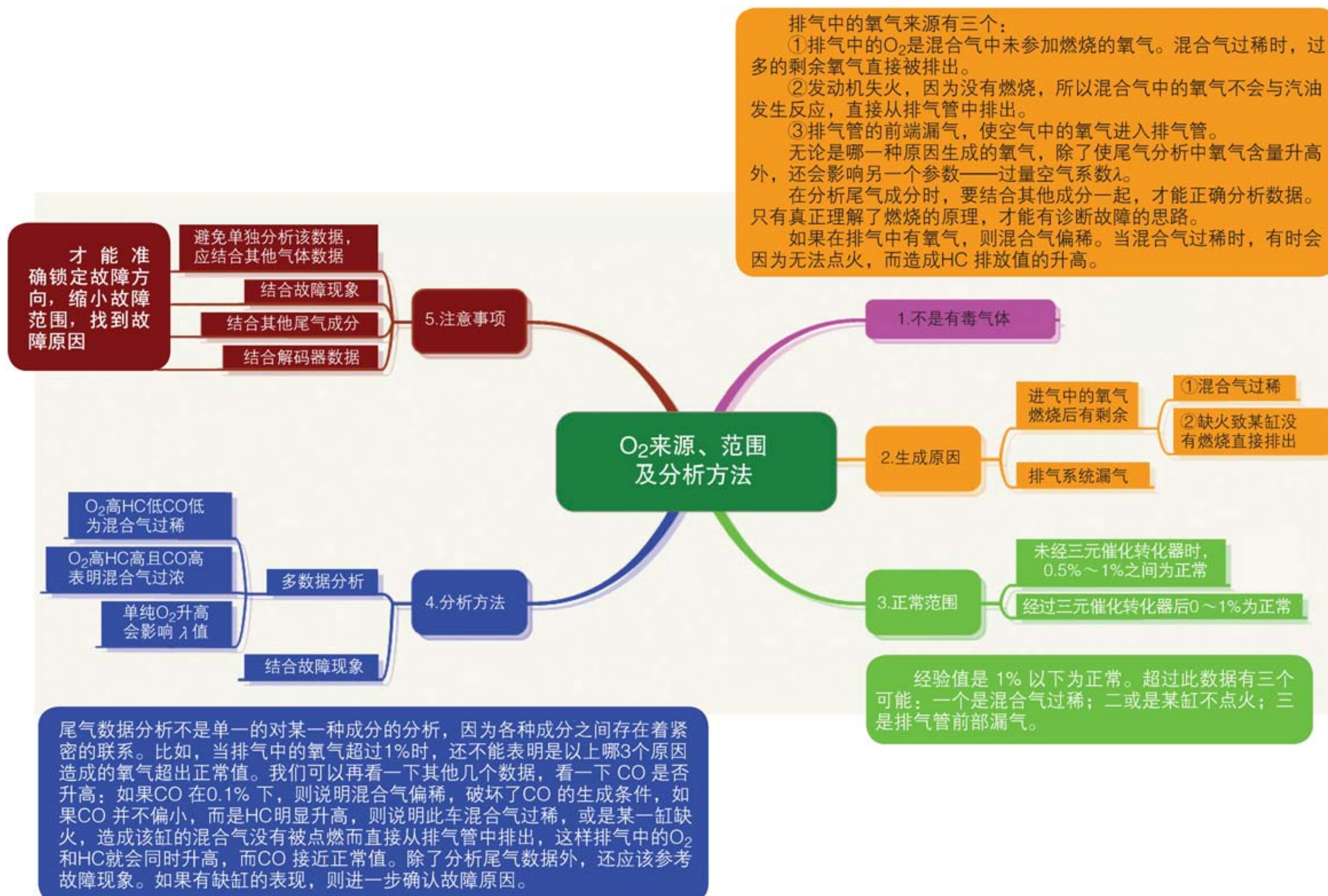
在实际汽车尾气治理中，因为 λ 超标的故障案例的分析方法与以前的类似，可以从混合气过稀或过浓两个方向进行分析。除此之外，还有一种情况比较特殊，就是排气管漏气，会引起 λ 上升，这是因为“射流效应”㊀引起的。

要想让汽油发动机工作在一个较为理想的低排放状态，需要把过量空气系数 λ 误差控制在 3% 以内，而且这种控制是在瞬间完成的，是一个多么精确、美妙的设计，不得不感叹这是汽车设计工程师们的技术与艺术的精妙结合！

在尾气检测仪中，我们可以看到 λ 这个数据，解码器数据流中也有 λ 这个数据。这两个数据既有内在联系，也有不同点。解码器中的 λ 是根据发动机 ECU 中的软件计算出来的，而尾气分析仪中的 λ 是根据检测到的尾气数据成分计算出来的。大多数情况下这两个 λ 是一致的，但排气管漏气会干扰尾气分析仪的数据。按漏气部位的不同，也有可能干扰氧传感器的数据，最终影响到解码器中的 λ 数据。因此，我们要分清这两个 λ 的不同数据来源，加以分析，防止混淆。

㊀ 射流效应是一个物理学名词。

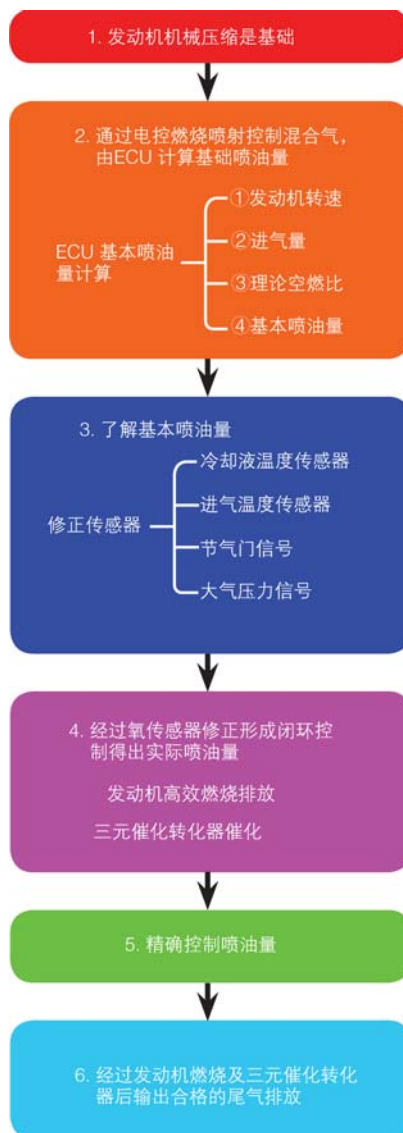
2.8 如何分析 O_2 失常的原因



学会分析混合气相关故障 3

3.1 电喷汽油发动机混合气控制原理

发动机电控系统控制混合气的过程：将点火开关转到起动档后，起动机带动发动机转动，曲轴位置传感器产生曲轴位置信号。发动机 ECU 收到曲轴位置信号后，根据发动机转速和进气量信号计算出基本喷油量，再根据冷却液温度传感器的信号进行修正计算，得出实际喷油量，驱动喷油器工作，同时输出点火信号。伴随着机械压缩，点火和喷油同时工作，喷到进气管的汽油与空气混合后被吸入燃烧室，火花塞工作，混合气被点燃，这时汽车起动。此时形成混合气的过程是发动机工作的基本条件，混合气的空燃比的控制精度相对较低，需要对混合气进行控制工作，即配制混合气。



正常情况下，缸外喷射的发动机控制系统，可以把混合气调节范围控制在 14.7∶1 的（1±0.3%）以内，即 14.3 ∶ 1~15.0 ∶ 1 之间，这是电控燃烧喷射发动机混合气正常的调节范围。对于缸外喷射发动机，则要宽于这个混合气的控制范围。

需要说明的是，当氧传感器的温度低于 200℃时，是无法产生混合气稀浓信号的；在 300~850℃时，氧传感器可以正常工作，产生混合气稀浓信号。

开环状态，发动机 ECU 计算喷油量时也不再参考氧传感器的数据，尽管氧传感器仍然在输出信号电压。在进行故障诊断时，可以充分利用不同工况时氧传感器的工作特点，对其进行快速诊断。关于氧传感器的工作原理，我们将在下文中进一步讲解。

在此基础上，我们可以将混合气的控制过程分为两个部分：一是配制过程，也是就发动机 ECU 根据各传感器信号进行的初步的喷油量的计算，其主要作用是保证顺利着车；二是混合气的修正，即由氧传感器为反馈传感器再由发动机 ECU 自学习功能形成的混合气的精细控制，也称为混合气修正。

混合气的配制和修正可以用雕刻过程来理解：配制是粗线条的，把作品的轮廓勾画出来；修正是将作品进行精细化加工，使作品传神。

3.2 发动机电控系统是怎样修正混合气的

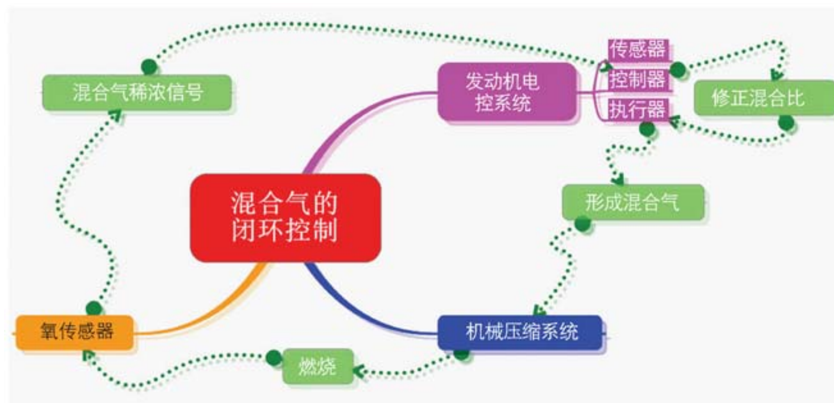
发动机电控系统修正混合气的过程：着车后，氧传感器加热电路工作，几分钟后，氧传感器达到正常的工作温度，开始输出混合气稀浓信号，此时发动机 ECU 接收并进行混合气的闭环调节。在着车状态下，发动机 ECU 不断修正混合气，使混合气在接近理想空燃比的状态下工作，发动机的排放最低，且工作稳定、省油。该控制使混合气的控制精度提高，此时发动机 ECU 对混合气空燃比的控制精度提高，除了上述的粗略的控制过程外，还有一个动态修正的过程，而本书所提到的关于混合气调节的故障更多的是在修正环节出现了问题。

相对于闭环调节的另一种调节方式，就是开环调节。在有些工况下，必须使用开环调节的方式，才能保证发动机的行驶性能和稳定性能。在下述工况下，发动机 ECU 是利用开环状态来调节混合气的：急加速、急减速、起动工况和全负荷工况，以及起动着车后的过渡工况。闭环调节是在热车后，部分负荷状态下才能实现，也是行车中使用最多的工况。

在电喷发动机的混合气调节中，由空气流量计为主，测量发动机的瞬时进气量，根据进气量参考 14.7∶1 的混合比，计算出基本喷油量，再根据其他修正传感器提供的信息，计算出最终的喷油量，然后驱动喷油器执行喷油指令。

当喷油器打开进行喷油后，经过燃烧后的废气由排气管排出，再由氧传感器检测排气中的氧气含量 :如果混合气过浓，则氧传感器输出电压大于 0.45V ;如果混合气过稀，则输出电压小于 0.45V。发动机 ECU 在接收到氧传感器的浓稀信号后进行调整。如此反复进行动态调整，使发动机的混合气浓度始终接近于 14.7∶1。这种由氧传感器进行反馈的控制方式，称之为混合气的闭环控制。

氧传感器的作用是产生动态反馈信号，它时刻为发动机 ECU 提供混合气稀浓信号，对混合气浓度随时进行修正。从电路结构上看，氧传感器是在控制器的输入端；从机械结构上看，氧传感器是在燃烧后排气管的输出端，再经过 ECU 的控制功能，实现一个混合气浓度闭合的调整环路，所以被称为闭环调节。



在发动机中混合气的燃烧是不稳定的过程，各种各样的原因都会对燃烧造成影响。尽管发动机控制系统有很多传感器，但仍然不能满足各种特殊情况下混合气浓度调节的需要。比如，发动机随着使用时间的延长会有磨损，传感器设计并装好后，对于磨损是不能进行补偿的。另外，汽油品质也会有不稳定的变化，这些不可预料的因素，对于混合气浓度造成的影响，最终都会反映到燃烧后的尾气成分。因此，氧传感器是一个“模糊”传感器，它只对混合气稀浓进行识别，而识别不了是什么原因造成过稀或过浓的混合气。

发动机 ECU 根据氧传感器的反映做出相应的调节，以解决所有不可预料的影响到混合气浓度的因素。这种动态的由氧传感器、发动机 ECU 和各传感器、执行器组成的关于混合气的闭环调节，就是发动机电控系统对混合气的修正控制。

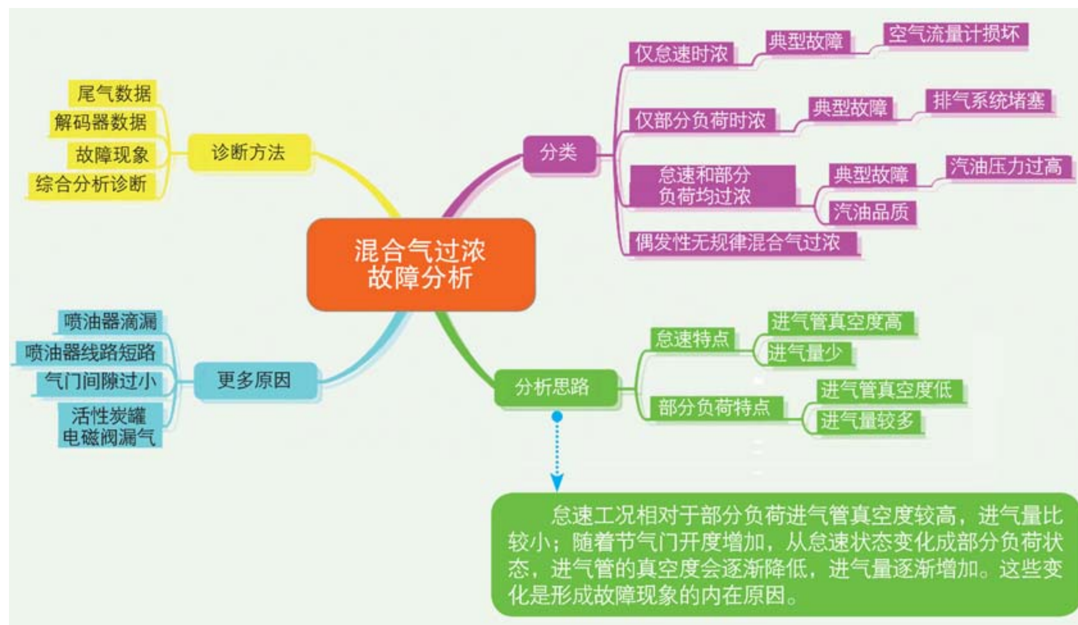
3.3 以大众车为例分析混合气过浓故障

我们把混合气过浓故障分为三种：①怠速时混合气过浓②部分负荷工况下混合气过浓③怠速和部分负荷工况下混合气均过浓。结合大众车的特点，我们利用怠速长期修正㊀ 和部荷长期修正可以逆向分析混合气过浓的故障原因：

（1）仅怠速工况下混合气过浓　在大众车上，空气流量计损坏后，有一个这样的规律，就是怠速时的空气流量计输出的信号偏高，造成怠速时混合气偏浓，中速时基本正常；而高速时空气流量计输出的信号又偏低了。这就会导致高速时混合气过稀而动力不足。

（2）仅部分负荷工况下混合气过浓　如果三元催化转化器部分堵塞，会导致怠速时混合气基本正常，而在中高速时由于排出的废气受阻，造成一部分废气排气不畅，引起排气背压过高，燃烧室内的新鲜空气变少，形成混合气过浓故障。这时会表现为怠速时混合比正常（因为怠速时排气量较少，受阻的程度小，不影响发动机怠速时的排气），部分负荷尤其是高速时，混合气过浓。

（3）怠速和部分负荷时，混合气均过浓　这样的故障规律较为常见，也比较容易理解，比如汽油压力升高必然会引起混合气过浓故障，无论是怠速还是部分负荷，混合气会一直处于过浓状态。还比如，冷却液温度传感器损坏，使输送给 ECU 的温度信号偏低，也会使怠速和部分负荷的混合气过浓。总之，这类故障的特点是独立于各缸的原因造成的混合气过浓，与发动机转速等条件无关。



㊀ 怠速长期修正值：发动机利用氧传感器信号计算出的混合气修正量称为短期修正，当经过短期修正参与后，假如混合气仍旧一直偏浓或偏稀较长时间，ECU 会按短期修正的趋势计算出一个长期修正值，进一步修正喷油量，怠速工况下的长期修正数值称为怠速长期修正值，与之对应的还有部分负荷长期修正值。有时，我们还把上述两个修正值简称为怠速长修和部荷长修。

另外一种常见造成混合气过浓的原因，就是喷油器滴漏。这种故障也往往表现为怠速时混合气过浓，高速时因为发动机转速升高，相对喷油量增加，进气量增加滴漏对于混合气的影响变弱，形成怠速时混合气浓、部分负荷时混合气稍好的情况。还有一种情况，就是不稳定的偶发性混合气过浓故障，我们将在以后章节中进行分析。

在实际的诊断工作中，判断混合气过浓一般有以下几种方法：

① 用尾气分析仪检测，注意 λ 的数据：当 λ 小于 1 时，表示混合气过浓，一般还应该对应出现 CO 数据上升、HC 数据上升几个规律。

② 还可以用解码器检测长期燃油修正和短期燃油修正。但要注意的是，如果出现混合气过浓故障，有可能会有故障码提示系统过浓，还有可能出现提示混合气过稀的故障码。之所以这样说，是因为当发动机 ECU 判断混合气过稀时，就会加浓，但实际情况不一定是过稀。在实际情况下，请看以下推理：比如氧传感器损坏，或是氧传感器前方有漏气，再或是燃烧不良；有一部分氧气未参与燃烧，直接进入排气管，氧传感器检测到氧气后就会给发动机 ECU 报告混合气过稀故障。而真实的情况可能是混合气的混合比并不稀，喷油量并不少，只是一部分汽油未与氧气产生燃烧反应，而氧传感器本身不能检测其他尾气成分的含量，只能检测氧气的含量，这就造成混合气会被发动机电控系统不断加浓，而因为一直有氧气存在，氧传感器一直输出混合气过稀的信号，如此反复，造成混合气越来越浓的故障现象。

形成混合气过浓的原因还有很多，比如活性炭罐电磁阀关闭不严故障等。浓稀程度与漏气量有关，所以，在实际维修工作中，我们会遇到千变万化的故障现象，在此无法一一列举，但我们要学习的就是正确的诊断思路，要从千变万化的故障现象中找出规律才能实现快速、准确的诊断故障。

在分析诊断故障时，尽量避免将孤立的数据进行分析，而应该进行综合性分析。充分利用解码器数据、尾气分析仪数据，再结合故障现象进行诊断，找到故障方向，是混合气稀还是浓。有了正确的方向就不怕路远，就能实现快速准确诊断故障的目的。以上这些诊断思路是基于原理才能产生的，反复梳理故障诊断过程，不断总结经验，就能不断提高我们的诊断能力。

3.4 怎样分析混合气过稀故障

1. 仅怠速时混合气稀　在怠速时混合气明显过稀，而部分负荷时好转。

① 常见的故障现象：空气流量计后漏气，使一部分未经计量的空气进入进气管，参与燃烧，此时的混合气一定偏稀。假设漏气量较小，可能会出现如下的规律：在怠速时因为进气管真空度较高，进入进气系统未经计量的空气相对较多，此时表现为怠速时混合气严重偏稀；而随着节气门开度的增加，进气管真空度变小，未经计量的空气量相对变小，此时混合气过稀的程度将减弱。可以通过分析怠速时的长期修正和部分负荷时的长期修正两个数据㊀，来确认是不是这种故障原因。

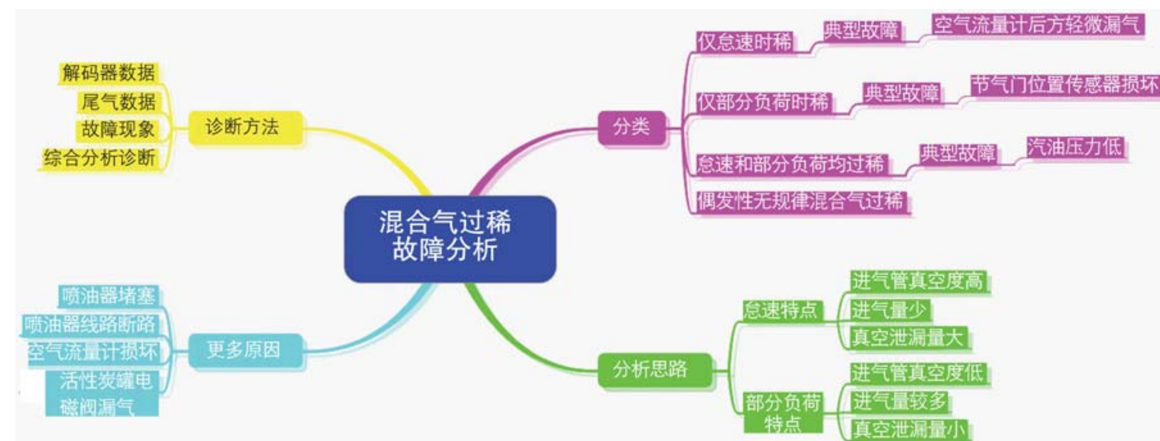
② 在大众车上，除了一些空气流量计后方进气软管漏气会引起上述现象外，还有一个常见的问题，就是 PVC 阀漏气。这种情况引起混合气过稀的特点也是这样，怠速时混合气过稀、部分负荷混合气过稀情况好转。

此问题在美系别克雪佛兰车上也有表现，不过别克雪佛兰车系的废气阀有时与气门室盖做成一体。伴随着漏气造成混合气过稀外，还有可能会出现另外一种故障现象，就是出现漏气引起的“啸叫”声，这个现象在大众车和美系别克车上均有表现。

2. 仅部分负荷时混合气过稀　当节气门位置传感器损坏后，假如节气门的实际开度偏大，则发动机 ECU 收到的节气门开度偏小，则会出现喷油量偏少的问题，形成怠速时混合比正常，而随着节气门开度增加，混合比过稀故障。另外一种常见的故障原因就是汽油泵损坏，使汽油压力偏低，但因为怠速时的燃油消耗量较小，表现不明显，此时的汽油压力尚可满足电控系统的需要。而随着发动机转速的升高，喷油量增加，表现出汽油泵因为流量不足而压力下降，对实际喷油量影响变大。形成上述怠速时混合气基本正常，随转速增加而出现混合气变稀故障。

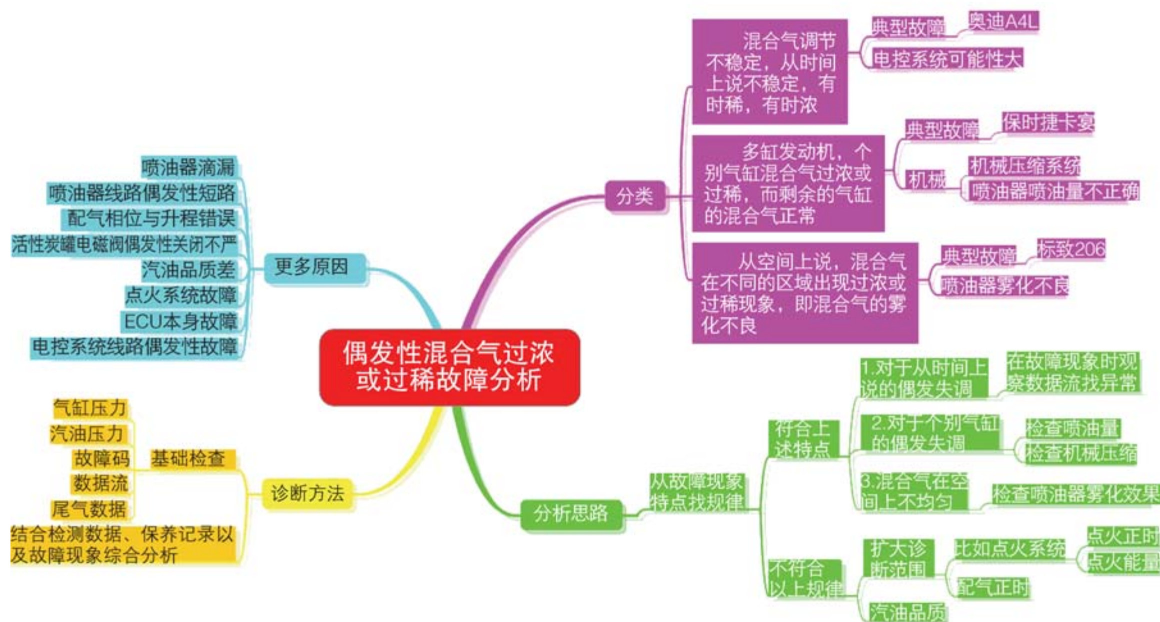
3. 怠速和部分负荷混合气均过稀　怠速和部分负荷情况下，混合气均过稀。对于此类故障，常见的原因就是汽油压力引起的。因为汽油压力变低，实际的喷油时间内喷出的汽油量变少，会造成混合气在怠速和部分负荷时均过稀。

混合气过稀故障，除了上面几种常见原因外，我们还发现一个规律：对于喷油器雾化不良来说，怠速时，混合气稀表现更为明显，而随着发动机转速的升高，由于气流速度的增加，喷油器喷出的燃油雾化程度会因被高速气流吹散好转。这个变化在怠速时的长期修正和部分负荷长期修正数据上均有表现，请大家注意。



㊀ 在大众车上，将混合气的长期修正分为怠速时的长期修正和部分负荷时的长期修正。而在韩系车上，则不分怠速和部分负荷长期修正，只有一个长期修正数据。对于这类车，就可能会出现部分负荷时混合气过稀故障，影响到怠速时的混合气，再或是怠速时的混合气影响到部分负荷。

3.5 怎样分析混合气偶发性过浓或过稀故障



对于偶发性混合气过浓或过稀故障，可以从这几个方面理解：

第 1 种情况：对于这种故障，最常见的属于电控系统故障，比如冷却液温度传感器电阻特性漂移问题。因为冷却液温度传感器没有完全短路，也没有完全断路，只是实际温度对应的电阻值产生了变化，这样发动机 ECU 是无法发现这种故障的。因为冷却液温度传感器是负温度系数电阻，所以电阻增加相当于温度变低，这样往往会形成混合气过浓故障。除了冷却液传感器本身电阻偏移以外，在实际工作中更为常见的是传感器插头接触不良问题。不同程度的接触不良，就相当于传感器电阻偏移的量大小不一，对混合气的影响也会时轻时重。

第 2 种情况：多缸发动机某缸混合气过浓或过稀都会影响发动机整体混合气调节的，某缸混合气过稀，其燃烧后（或稀到不能燃烧）排出的废气进入排气管，安装在排气管中的氧传感器感应到较多氧气时，会输出混合气的衹电压信号，这时发动机 ECU 会进行加浓调整，将整个发动机的混合气调节到浓的状态；同样，如果是单缸混合气过浓，也会产生类似的影响，使整个发动机的混合气的空燃比偏离正常值，引起混合气调节故障。因为发动机不可能每一个缸安装一个氧传感器，也不可能每一个缸安装一个发动机 ECU，所以在这种情况下，一定会引起混合比的失调故障。

第 3 种情况：汽油没有充分雾化，有较大的油滴存在，造成燃烧室内部分区域混合气浓，部分区域混合气稀 (比如喷油器滴漏故障)。正常情况下，汽油是由喷油器喷入燃烧室的，雾化良好时才能顺利燃烧，而雾化不良时，则汽油分子和氧气分子无法充分混合，一部分汽油油滴无法与氧气产生反应，则也会出现混合气燃烧不良的问题。

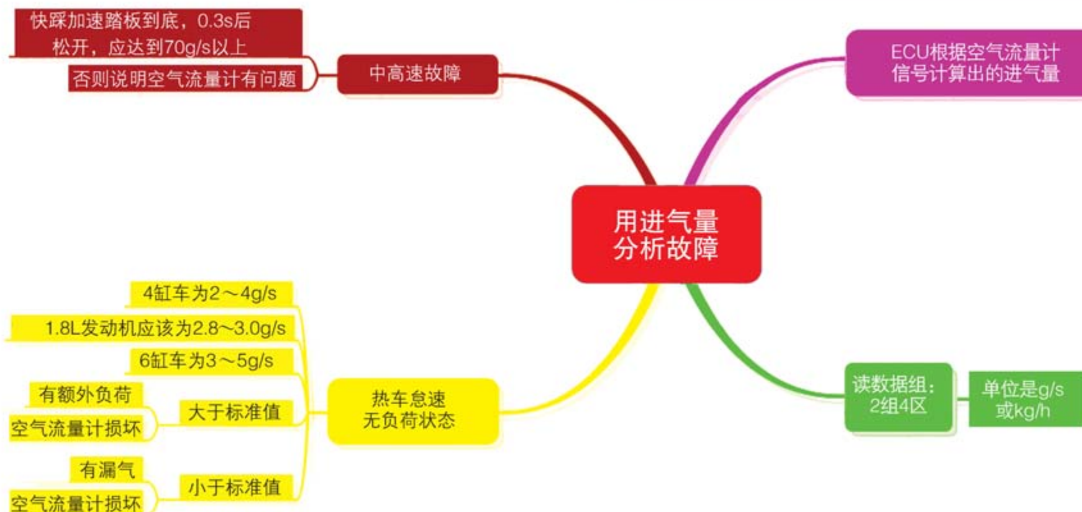
对于以上几个方面的混合气过浓情况，我们暂时先从理论上加以分析，在本书第 6 章都有对应的案例。

3.6 怎样利用发动机的进气量分析故障

ECU 根据空气流量计（或者进气压力传感器间接计算出进气量）的信号控制混合气稀浓，驱动喷油器和其他执行器工作，最终形成理想的混合比。根据进气量计算出喷油量，这个喷油量被称为基本喷油量，再根据各个修正传感器的信号进行修正，然后输出驱动脉冲给喷油器，发动机ECU 通过控制喷油器的打开时间控制喷油量，从而使混合气的空燃比始终维持在14.7 ：1 附近的范围内。

输出的喷油脉冲驱动喷油器后，经过发动机燃烧再以废气的形式排出，氧传感器通过检测排气中的氧含量报给ECU 真正的燃烧结果是稀还是浓。因为各个传感器难免存在一定偏差，计算出来的结果不一定十分准确。在氧传感器反馈的作用下，空燃比的控制精度大大提高。以精准的空燃比控制为基础，废气再经过三元催化转化器的催化转化作用，最终以很少的有害气体排出，达到降低排放的作用

在维修中我们会经常调取数据流中的进气量数据，现在需要的是建立一个概念。发动机数据流中的进气量是一个恒定值，在正常情况下，对于大众车1.8L 发动机，热车后怠速转速为800r/min，此时的进气量应该是2.8~3.0g/s。



如果大于这个数据，则说明有额外的负荷，或者是空气流量计损坏。在不同的车上，我们也可以利用这个方法总结出非常实用的数据，用来判断故障的方向，可以快速缩小故障范围。

在正常情况下，进气量决定喷油量，这是电控喷射发动机的基础理论。但在很多情况下，当发动机出现故障时，会影响实际的执行结果。

综上所述，进气量是发动机电控系统影响混合气配制的一个重要的基础参数。当发动机电控系统出现混合气失调时，要从检查进气量数据开始。

影响混合气控制的主要传感器是空气流量计，它负责向ECU 报告进气量。而对于发动机ECU 来说，它收到的是空气流量计的信号电压或频率，只是一个信号，在数据流中我们可以看到它的数据，一个运转正常的发动机，在热车以后，如果忽略节气门的限流作用，进气量仅与发动机转速和排量两个参数有关。又因为发动机的怠速值也是由ECU 控制的，所以实际上怠速转速是一个变化不大的值，这样就决定了电控喷射发动机的怠速进气量是一个确定值。

站在维修的角度上看，ECU收到的进气量信号不一定是准确的，我们可以利用这个信号对一些故障进行分析。用来判断空气流量计是否工作正常，尤其是当空气流量计的信号明显小于正常值时，问题会有两个方向，一个是空气流量计信号失准而损坏，或者是有未经计量的空气进入进气管。这个问题非常常见，因为在新型的大众缸内喷射的发动机上，PCV 阀损坏后会从这个数据上看到明显异常。

3.7 怎样利用发动机负荷率数据分析故障

发动机负荷也叫发动机负荷率，它是反映发动机相对最大功率状态当前输出的功率。在早期的电控发动机设计上，实际节气门开度与最大节气门开度之比称为发动机的负荷率。随着设计不断改进，工程师们发现，利用节气门开度表示发动机相对输出功率的方法不是在所有的工况下都合理。比如在急加速时，发动机输出功率的提升有一个延时，要在克服了整个车辆惯性、车速达到最高车速时，输出功率才有可能最大。所以后来改用进气量来衡量发动机的负荷率，因为在现代缸外喷射发动机上还是以驾驶人踩下加速踏板后节气门的开度来控制进气量，再由进气量控制喷油量。综合以上分析，实际上是利用进气量来控制发动机的输出功率。

因此，发动机负荷 = 实际进气量／最大进气量。最大进气量指的是发动机 6000r/min 时的进气量。

如前所述，发动机设计完成后，热车以后进气量是确定值，因此最大进气量也是一个确定值。在发动机排量确定的情况下，6000r/min 时为全负荷，此时节气门全开，不再有限流作用。所以最大进气量是一个确定值，因为它仅仅与转速有关，而转速也是确定的数据。因此，在热车怠速情况下，进气量是一个确定值，故发动机在怠速情况下负荷也是一个确定值。

不要理解成发动机负荷一直是确定值，它仅仅在怠速状态下是一个确定值，而在非怠速状态下，则是一个变化值。我们在诊断故障时，也可以利用发动机负荷值来快速诊断故障方向。

有一个经验数据，在 1.8L 大众车的发动机上，热车怠速状态下，发动机负荷是 18%~20%，在 3.0L 的大众车上，发动机负荷是 16%~18%。事实上，发动机负荷是不可能小于这个数据的。如果小于这个数据，则说明发动机存在故障；如果大于这个数据，则说明有额外负荷或者空气流量计本身损坏。

热车怠速时的负荷指的是不开空调和任何其他电器的情况下的负荷值。在打开空调的情况下，大于上述标准值是不能说明有问题的。因此在检测发动机负荷时一定要注意，关闭所有用电设备，把转向盘回正，再将发动机升温至约 90℃，这时观察发动机负荷才符合上述数据的观察条件。

发动机负荷是仅与转速和排量有关的数据，随着发动机转速的提高而升高，是对发动机输出功率的一个评估参数。它是一个中间参数，与空气流量计相关，在出现故障时将偏离正常值。我们可以将偏离的方向和量的大小作为故障诊断依据，对故障进行方向性分析。

比如，在正常情况下，当 1.8L 时代超人出现发动机负荷小于 16% 时，说明发动机负荷过小。这种情况原本是不会出现的，因为发动机设计好以后，能维持正常怠速运转时的进气量，从理论上是不可能低于下限值的。但如果有未经计量的空气进入进气管，就会造成实际空气流量计输出的信号偏小，使发动机负荷过小。还有一个可能就是当空气流量计损坏后，信号电压偏小导致的。在实际工作中，我们可以利用此参数分析发动机是否处于故障状态。如果发动机负荷率明显异常，则表明发动机处于故障状态，对于故障的方向也可以进行一定的判断。



3.8 怎样利用长期和短期修正数据分析混合气控制故障

1. 建立概念

长期燃油修正和短期燃油修正是电控发动机混合气修正理论中的重要概念参数，正确理解这两个概念参数，对于分析混合气失调故障有着至关重要的作用。

短期燃油调节值也叫短期修正，长期燃油调节也叫长期修正。这两个修正数据不是传感器的信号数据，也不是执行器的控制数据，而是发动机运行计算的中间数据，用来修正混合气的稀浓，是决定最终实际喷油量的系数。这两个修正值既有相同点，也有不同点。相同点是都属于中间计算数据，用来修正喷油量；不同点是：短期修正值是在动态中解决快速变化的燃烧情况，进行瞬间调整，而长期修正是用来对混合气长时间的变化趋势做出补偿。比如，发动机缸筒的磨损给燃烧带来的影响，节气门逐渐变脏、空气滤清器逐渐变脏所给混合比带来的影响，都是通过长期修正来补偿，以使发动机混合气在长期工作中处于可控制范围内。

从维修的角度讲，我们可以用解码器读取发动机电控系统中的这两个修正数据，分析混合气的变化趋势，了解发动机电控系统对于混合气调节的“储备余量”。其实就是在维修保养中使发动机电控系统对于混合气调节能力的“储备余量”恢复到正常值。在保养维修后，到下一次维修保养的时间内处于健康状态，预防性地实现混合气的健康管理，最大限度地降低有害气体的排放。

总之，通过分析长期修正和短期修正数据，可以预见性地对故障车（病车）做出更有价值的保养与维修。保护环境的同时，还能为车主省油、省钱，让车更好用。

2. 分析思路

长期燃油修正和短期燃油修正是发动机 ECU 内部程序设计的一个重要思想，不同公司的电控燃油喷射系统都是利用这一思想解决混合气的修正问题。

对于维修技师来讲，分析长期短期燃油修正数据的目的就是了解 ECU 进行混合气稀浓控制的中间数据，借助这个结果，逆向分析在混合气调节上，ECU 是在做加浓还是在做减稀，如果是加浓，则说明原本混合气是偏稀的，经过了长期和短期燃油修正后的结果，才得到目前的结果。混合气到底是稀还是浓，可以用尾气分析仪进行测量，因为它是独立于电控燃油喷射系统的一个检测设备，可以正确反映混合气的稀浓，也可以借助故障现象来判断混合气的稀浓，比如有较浓的汽油味，说明混合气浓。而发动机电控系统中，长期和短期燃油修正进行加浓还是减稀只是 ECU 自己的判断，有时会与实际混合气稀浓情况相反。

在不同公司的电控系统中，短期修正和长期修正数据的表现形式也不一样。比如在大众车上，长期修正分为两个数据：一个是怠速工况长期修正（简称怠速长修）；另一个是部分负荷时的长期修正（简称部分负荷长修）。而短期修正则不分怠速和部分负荷工况，随时对发动机运行状态进行修正。

3. 模拟案例

假设某车汽油泵由于磨损，压力逐渐降低。当汽油泵压力低到一定程度时，汽油压力调节阀就会没有回油。如果压力进一步降低，低于标准压力，就会影响混合气。而一开始，驾驶人是感觉不到的，因为有长期修正和短期修正进行调节，会弥补因为汽油压力过低而产生的混合气过稀现象。但这时，发动机电控系统中的氧传感器会检测到混合气过稀信号，送给发动机 ECU，我们可以从数据流上看到短期修正开始响应这种变化，变成加浓的数据。因为磨损是逐步发展的，所以当可以通过短期修正加浓解决混合气闭环调节时，长期修正维持在 0%，不响应短期修正的变化。但随着问题越来越严重，怠速修正超过 4%，还不能让混合气处于闭环状态，出现了长时间（1~3min）的混合气过稀（4 线氧传感器信号电压在 0.45V 以下）现象，则长期燃油修正会变化，由原来的 0% 变成 5%。这时电控燃油喷射系统又进入了闭环调节，短期燃油修正重新归零，恢复正负 4% 以内，这时车辆停驶。怠速着车时，由于汽油压力升高（汽油泵的磨损规律是高速供油不足，怠速时用油量较小而可以保持正常压力值），怠速时的混合气因为处于闭环调节状态，不用修正就能实现，所以这时的长期修正是 0%。

长期修正的主要目的是让混合气通过短期修正的作用，始终处于闭环调节状态，而短期修正的长期趋势可以影响到长期修正值。

4. 正常范围

短期修正在正负 10% 以内为正常值，怠速长修在正负 4% 范围内，部荷长修在正负 8% 以内不会产生故障现象，当短期修正和长期修正超过正负 25% 时，发动机电控系统就会存储相应的故障码，同时也会出现比较明显的行驶故障现象。在出现故障码之前，不同的驾驶人对车辆的行驶性能会有不同的感觉，我们把没有明显行驶故障且没有故障码的车，但已经在混合气调节方面出现偏差的车称为混合气调节 “ 亚健康 ” 车。

5. 长短期燃油修正值的特点

① 短期燃油修正是在空燃比闭环调节工况下才起作用，它是 ECU 依据氧传感器信号电压做出的喷油量修正。所以，所有没有氧传感器信号的工况下，短期修正都不起作用。

② 长期修正是 ECU 通过对短期修正（长时间修正的趋势）进行计算得来的，其目的是尽可能让短期修正的数值接近 0%，在开环状态也起调节作用。

③ 短期燃油修正是临时存储的，在点火开关关闭后自动消失。长期修正被存储在 ECU 中，并被用于确定基本喷油量，对开环和闭环中喷油器的喷油量控制都有影响。

④ 燃油修正为负值时，说明发动机控制单元在进行减稀控制，燃油修正为正值时，说明在进行加浓控制。反过来说，如果修正值出现正数，则发动机不调整时混合气偏稀。

⑤ ECU 通过长期和短期燃油修正综合控制喷油器的喷油量，实现空燃比修正控制。

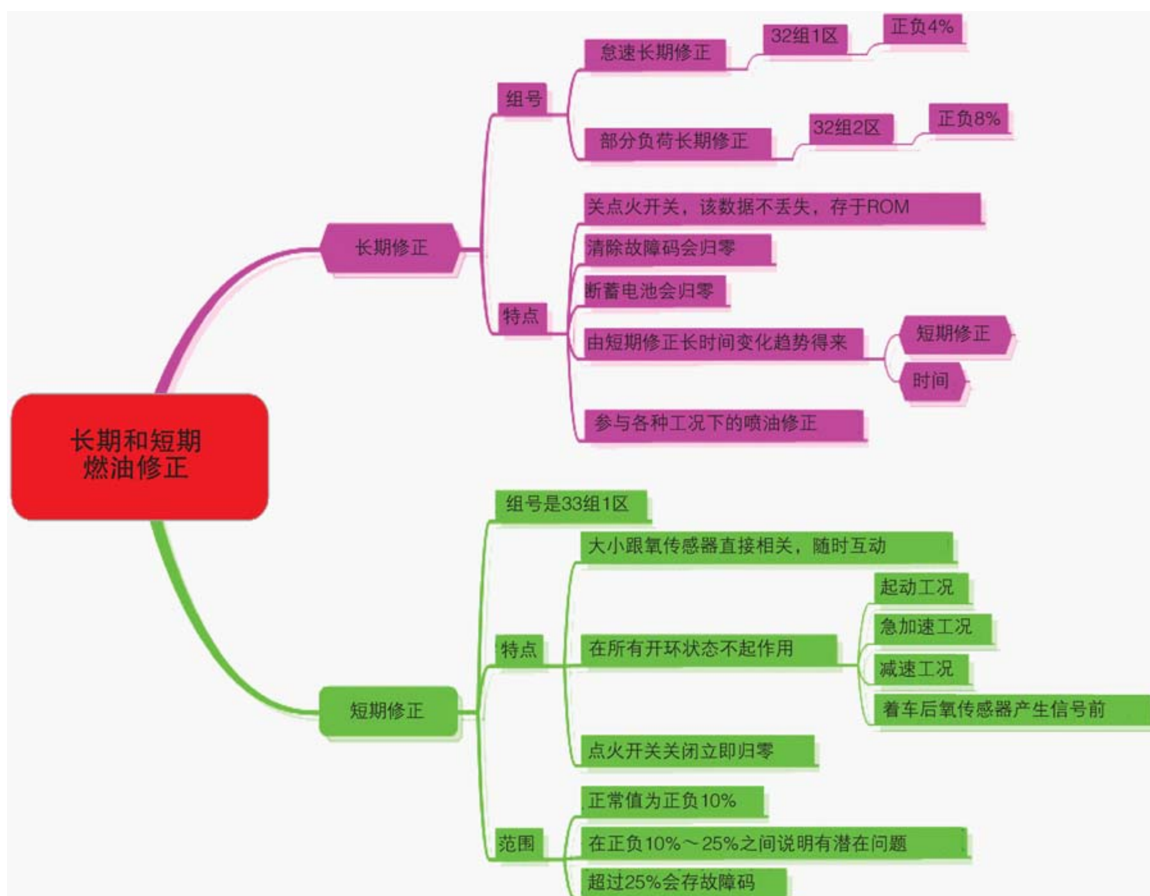
6. 长期修正和短期修正在实际维修中的应用

在实际维修中，我们要注意，大众车和其他大多数公司的电喷系统，其长期修正值会在清除故障码时归零（别克车系除外），也会在断开蓄电池线后归零，所以，我们遇到混合气调节方面的故障时，在诊断前一定要先记录长期修正数据，防止在清除故障码时引起归零，要想建立长期修正数据，需要匀速路试 5km 以上。

在发动机电控燃油喷射系统中，除了长期修正、短期修正外，还有一些车，比如电装系统，有另外一个中间数据，就是“总燃油修正”，它用来表述发动机实际计算燃油修正量的结果，是加浓修正，还是减稀修正。

7. 组号

大众车中，32 组 1 区是长期燃油修正量的怠速值，2 区是长期燃油修正量的部分负荷值；33 组 1 区是短期燃油修正量，2 区是前氧传感器 G39 输出信号电压。关于这两个中间数据在故障诊断中的应用，在本书第 6 章“2011 年款帕萨特领驭发动机高速动力不足”一文中有具体应用。



3.9 怎样利用氧传感器数据分析故障

在大众汽车发动机上，目前装用的氧传感器通常分为普通4线氧传感器和宽带6线型氧传感器，其主要区别是宽带型氧传感器可以测量的混合气的浓度范围更宽，可以达到“λ=0.7~4.0”。可以从数据流第33组第2区直接看到氧传感器的信号电压。

4线氧传感器在正常工作时其信号电压变化范围为0.1~0.9V。以0.45V为中心，高于0.45V表示混合气过浓，小于0.45V表示混合气过稀。通过分析氧传感器的数据，我们可以间接了解发动机混合气的稀浓。宽带型氧传感器在怠速状态下约为1.5V，部分负荷时会在1.5V附近不断变化。

在新型发动机中，氧传感器的加热是以脉冲的形式加热的，并不是一直通电加热。通过30组第1区数据流可以看到氧传感器的加热情况。这是用一个3位二进制数据表示的，0表示否，1表示是，分别对应氧传感器是否处于加热状态，是否处于准备状态，是否处于闭环调节状态。大于1.5V为混合气稀，小于1.5V为混合气浓；33组1区，为短期修正，也叫氧传感器修正；33组2区为前氧传感器信号电压，如果是宽带氧传感器，应该在1.5V附近变化，不超过1.0~2.0V范围，每分钟变化20次以上。

工作条件：无论是普通型氧传感器还是宽带型氧传感器，只有加热正常且氧传感器达到300~850℃，才能正常工作。

用万用表测量方法：大众车宽带氧传感器4号脚电压为12V，是加热电阻的正极，3脚与4脚间为加热电阻，2.5~10Ω；1脚和5脚间为标定电阻，为77.5Ω；2脚和6脚间电压为0.4~0.5V。

工作条件：300℃以上才能输出信号，800℃为反应最快的温度。

故障检测：若氧传感器的信号电压为恒定值1.5V，则说明断路；若为4.9V，则说明对正极短路；若为0V，则为对搭铁短路。

在大众车上，氧传感器显示的组号如下图所示：



不同公司的6线氧传感器的输出电压有所区别，并且信号与对应的混合气稀浓表示方法也不相同。



3.10 怎样分析发动机失火故障

在早期电控发动机的故障诊断中，经常会遇到失火问题。我们要想判断是哪一个缸不工作，只有在着车状态下才能进行，短路断火法就是用来诊断失火问题的。因为在着车状态下，发动机电控系统要求不能切断任何通电的设备，以防自感高压损坏电子控制系统的元件。所以，我们不能像以前那样，采用拔下高压线的方法来判断是哪一个缸不工作，也不能在着车状态下拔下喷油器，所以用短路断火法是科学合理的。为了解决这一难题，汽车设计工程师设计了几组数据流，专门用来监视发动机是否出现了失火，并且可以指出是哪一个缸出现了失火，失火的频率如何，可以在发动机着车的状态进行失火的检测与诊断。

发动机可以着车，但着车后工作不稳定，某一个气缸连续或间断地出现不做功的故障，有时也会出现多个气缸偶发性的不做功。诊断这样的故障，第一步要先把故障缩小到最小范围，确定是哪一个或哪几缸不做功，是连续不做功，还是偶发性的间歇不做功。在早期的电控车中没有关于失火的数据流，所以诊断缺缸故障只能人为想办法一个一个排除。在大众车系和别克车系的发动机电控系统中，都有关于失火的数据流，可以用解码器直接读取。失火指的是某一个气缸不做功，混合气没有被点燃，而不仅仅是点火系统产生故障。

失火监测的原理是发动机电子控制系统在发出点火信号以后，看曲轴旋转是否产生了加速度。如果没有产生，则说明该气缸没有做功。

大众车采用组号的方式显示数据流，在 14、15 和 16 组中可以看到各缸失火的记录，正常情况下为 0。如果伴随着发动机的抖动现象，显示区中的数字不断增加，则说明产生了失火。我们可以通过组号确定是哪一个缸失火。在别克车系则有一个专门用于失火的数据流组，可以通过解码器的菜单直接选择，连续监视任意缸的不做功现象。

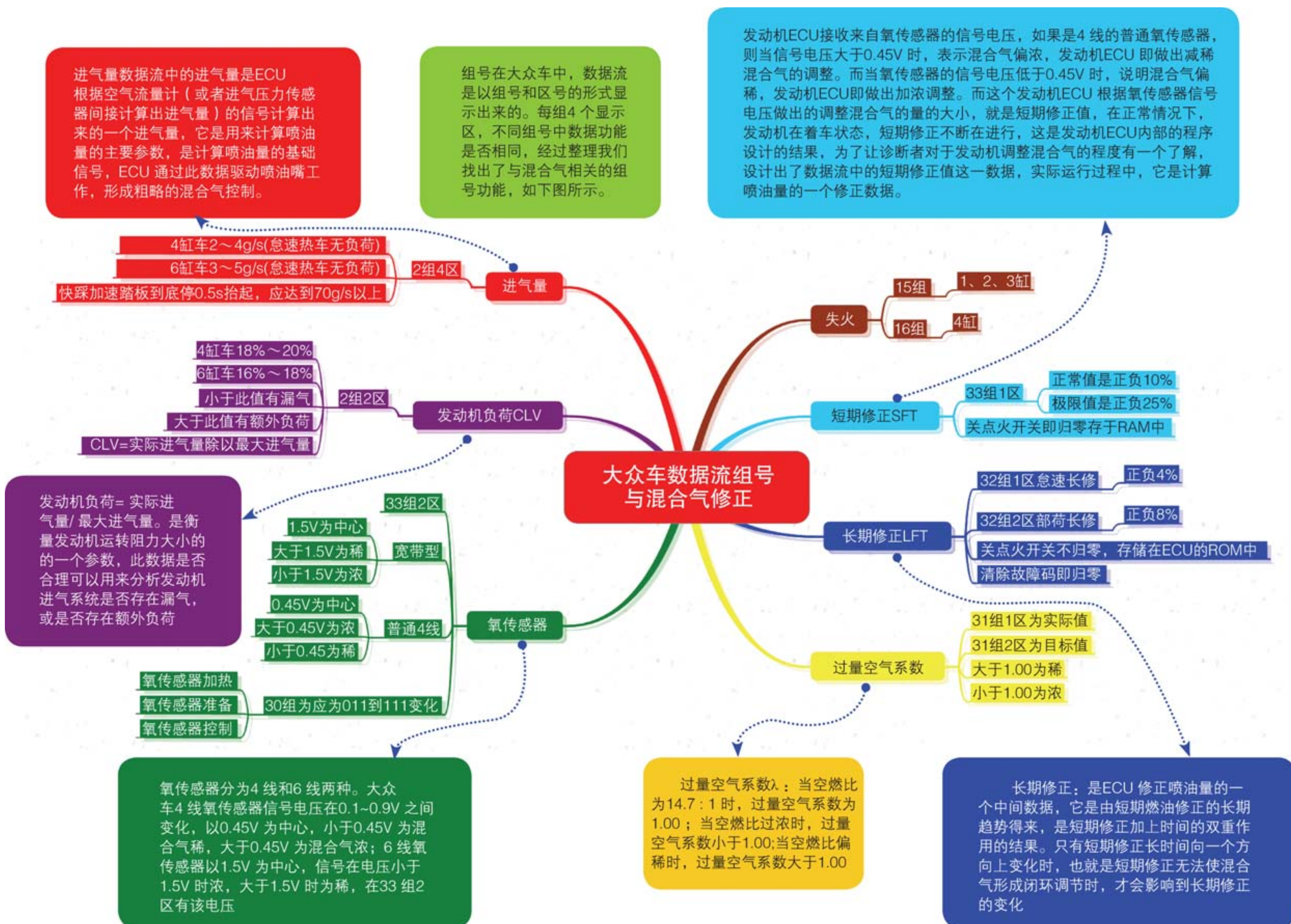
发动机 ECU 是利用曲轴转速传感器进行检测的。发动机 ECU 在工作过程中，不断监视每一个缸点火信号发出后，是否产生了曲轴转速的增加，如果在点火指令发出后，没有检测到相应的加速度，甚至出现了减速度，则表明发动机出现了失火。轻微的失火记录并不影响发动机的工作，发动机电控系统也不会存储相应的故障码；对于持续不断增加的严重失火，发动机电控系统会存储相应的故障码，此时需要维修。

通过数据流中的失火数据，可以在进行故障诊断时快速缩小故障范围。在多缸发动机中，把问题缩小在个别不工作的气缸上。应该充分利用数据流的功能，快速准确地对故障进行缩小范围并定位。最终，再通过其他手段，找出该缸失火的原因，从而提高诊断的准确性，提高工作效率，避免误诊和漏诊。

除了大众车之外，其他电控系统往往对发动机失火没有较为准确的监控系统。当发动机出现故障时，可以用示波器观察点火波形的方法进行故障分析，还可以采用排除法一步一步排除故障，比如，更换火花塞或点火线圈，结合故障现象，必要时进行路试，因为有些故障在不加负荷的情况下不易出现。因为点火系统是工作在高电压且快速变化的状态下，是否在缸内进行了有效的点火，很难准确测量，有时替换排除方法的效率比较高。



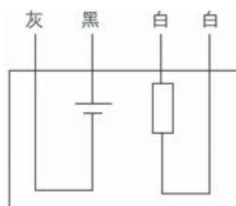
3.11 用思维导图学习大众车混合气修正



学会分析与排放有关的故障 4

4.1 分析与排放有关的传感器故障

4.1.1 4 线氧传感器是如何工作的



二氧化锆式传感器的内部结构分两部分：加热部分和信号发生部分。

目前在用的电控燃油喷射发动机多采用 4 线式氧传感器，而新生产的车辆多采用 6 线氧传感器。

4 线氧传感器多分为两类：二氧化锆式传感器和二氧化钛式传感器。二氧化锆式传感器是电池型传感器，它根据发动机高温排气中氧气的含量输出信号电压，来检测混合气的稀浓；二氧化钛式传感器是氧敏电阻型传感器，即其电阻值是可变的，变化的条件就是它周围氧气的浓度，所以它不能产生电压，只能借助偏置电路，才能将混合气的稀浓转变成电压信号。

目前二氧化锆式传感器应用较为广泛，其内部结构如右图所示。

信号部分就是一个电化学电池，当氧传感器的探头部分和尾部之间所接触到的气体有氧浓度差时，就会输出电压信号。该信号电压与普通电池类似，是由传感器本身产生的，但内阻比较大，大约为 1MΩ。

二氧化锆式传感器在混合气过浓时，即空燃比小于 14.7 ： 1 时，探头部分的氧浓度低，露在空气中的尾部氧浓度高，此时在化学电池的作用下，传感器产生 0.45~0.9V 的信号电压；当混合气过稀时，探头部分与露在空气中尾部之间氧浓度接近（排气中有剩余的氧气）时，产生 0~0.45V 的信号电压。

信号电压的变化频率：在发动机转速为 2000r/min 以上时，可以产生 8 次 /10s 以上跨越 0.45V 的电压变化，所以说，氧传感器可以快速将混合气稀浓状态转化成信号电压，以便让发动机 ECU 快速地进行混合气调节。三元催化转化器正是在此基础上，才能进行有效的催化还原，最终保持最低的排放。

刚装上的新氧传感器有一个“兴奋”期，其信号电压变化很快，工作一段时间后会稳定下来，但最终其变化频率要高于 8 次 /10s 以上才算合格。

正常情况下氧传感器会有 8 次 /10s 的变化速度，但如果混合气控制系统有故障，则氧传感器信号电压可能不再变化，持续保持在 0.1V 或 0.9V。这时并不能表明氧传感器已经损坏，因为氧传感器对应的稀浓信号可能是正确的，可以用相应的干扰法来验证氧传感器是否损坏。比如，当氧传感器信号总是在 0.1V 时，可以将化油器清洗剂喷入进气管，模拟增加喷油量，因为化油器清洗剂内也有 HC 的成分，可以参与燃烧，这样氧传感器的信号电压应该增加到 0.9V。如果不能快速反应，则说明氧传感器损坏。

除了以上判断氧传感器损坏的方法，还可以测量氧传感器的加热电阻。如果氧传感器加热电阻断路，则说明氧传感器损坏。如果氧传感器的 4 根导线任意一根与外壳导通，则说明氧传感器损坏。

加热部分的作用是让氧传感器尽快产生信号电压，因为氧传感器需要温度达到300℃以上才能正常工作。而汽车刚起动时温度较低，氧传感器不会产生信号。为了缩短氧传感器不能产生信号的时间，现在的发动机电控系统都带有加热装置。早期的车型不带加热电阻，在室温0℃时发动着车需要2min甚至更长时间才能让氧传感器达到工作温度，输出信号电压，而有了氧传感器加热电阻以后，仅需要1min就可以使氧传感器输出信号电压。最新的电控系统进一步减小了氧传感器的电阻，提高了氧传感器的加热电流，在约30s内氧传感器就能达到工作温度，输出信号电压，快速进入混合气闭环调节状态，缩短开环控制的时间，减少有害气体的排放。

带加热装置的氧传感器的加热电阻不断减小，同时其控制电路也有所变化。早期的氧传感器加热电路的正极由继电器控制，负极直接搭铁。而新型氧传感器正极仍旧由继电器控制，负极改由发动机 ECU 内部的晶体管控制，这样控制的好处是可以让氧传感器在最短的时间内工作，当达到工作温度后，对其加热电流进行控制，可以防止氧传感器的加热电流过大而导致其早期损坏，让氧传感器工作在最合适的温度，提高氧传感器工作的可靠性。

通常，氧传感器的加热电阻为 4~40Ω，加热电阻采用 PTC 材料，电阻值随温度的上升而增加，起到一定的自动限流控制温度的作用。

氧传感器的寿命

下面以博世氧传感器的更换间隔里程数为例：

1976~20 世纪 90 年代初期非加热型氧传感器：48000~80000km。

20 世纪 80 年代中期 ~90 年代中期第一代加热型氧传感器：96000km。

20 世纪 90 年代中期以后第二代加热型氧传感器：160000km。

除了上述标准，在没有关于氧传感器的故障码时，如果怀疑氧传感器损坏，可用示波器观察氧传感器在 2000r/min 时的浓稀转化频率。在氧传感器工作的外部条件正常的情况下，其信号变化频率在 8 次 /10s 以上。如果氧传感器信号一直处于低电平状态，如为 0.1V 左右，则可以进行加浓试验。如果仍不能输出 0.9V 的信号电压，则说明有损坏。氧传感器早期损坏的原因有外力损伤，铅、锰重金属中毒，以及自然老化等。



4.1.2　4 线氧传感器 10min 快速诊断法

工作原理

氧传感器安装在排气管中，正常工作温度在 300℃以上，它利用电化学原理快速检测排气中的氧气含量。当混合气的空燃比在 14.7 ∶ 1 附近变化时，排气中的氧气成分也会变化，氧传感器输出 0.1~0.9V 的信号电压：以 0.45V 为中心，高于 0.45V 为混合气浓，低于 0.45V 为混合气稀。

作用

给发动机 ECU 提供混合气稀浓的信号，与上游的传感器、执行器和 ECU 本身相配合，形成混合气的闭环调节。

现象

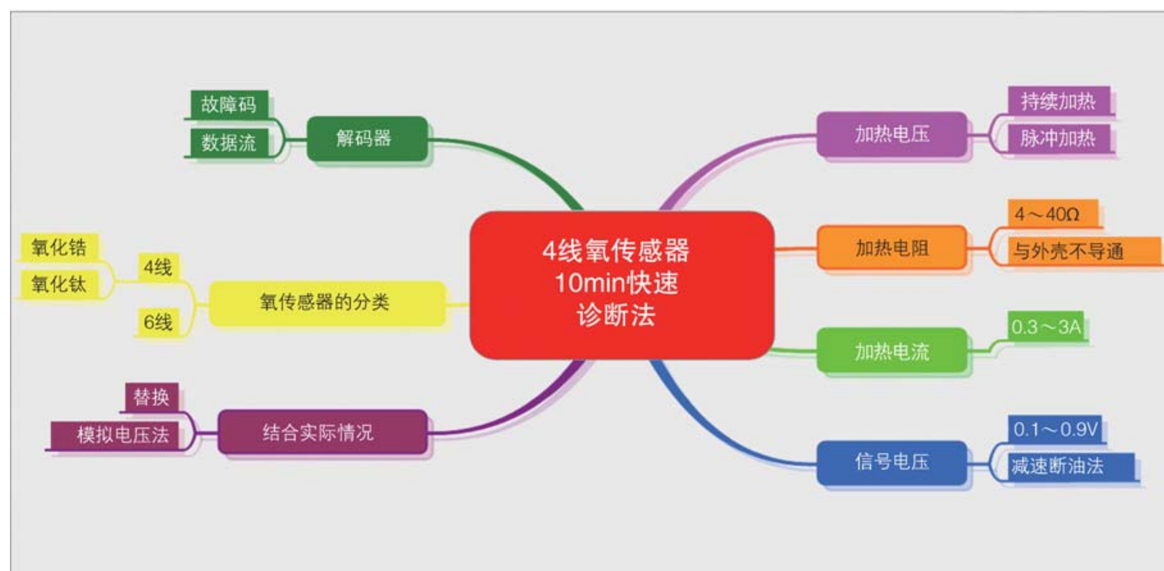
氧传感器或其相关线路发生故障后，会使发动机电控燃油喷射系统无法形成混合气的闭环调节，使混合气浓度偏离正常值，增加油耗，增加有害气体排放，出现怠速游动、排气管冒黑烟等故障。

原因

氧传感器损坏的原因有两种：多数早期损坏是汽油品质差导致的，使氧传感器表面被覆上一层杂质而无法正常工作；目前新车型上使用的氧传感器的使用寿命在 16 万 km 以上，超过此里程数，氧传感器会因自然老化而损坏。

验证

4 线氧传感器是化学电池型传感器，在正常工作温度下可以输出信号电压，但内阻较大，可选用数字万用表或示波器等内阻大的仪器进行检测。



4 线式氧传感器的线路分别是，两条加热线受发动机 ECU 控制，两条信号线都直接通到 ECU 内部。当车辆出现混合气控制方面的故障现象时，如果我们怀疑是氧传感器或其相关的元件有故障，则可以采用下述方法来快速确认氧传感器本身，以及混合气调节是否正常。

氧传感器的输出信号电压应该在 0.1~0.9V 之间变化。如果产生故障，则氧传感器信号电压可能不变化。对于一般的电控系统，可以从解码器的数据流中直接看到氧传感器输出的电压信号，如果超过上述范围，则可以认定氧传感器损坏。例如：当氧传感器信号电压达到 1.5V 时，如果确认该车装用的是二氧化锆型氧传感器，那么氧传感器损坏的可能性非常大，很可能是氧传感器信号线上串入了不正常的电压所致。（德尔福 MT20u 系统除外，该系统中 ECU 内有特殊偏置电路，当氧传感器断路时，电压为 2.3V 左右）

氧化钛式传感器应用较少，4 线式氧传感器多为二氧化锆式传感器。下面我们介绍如何用急减速法来判断 4 线式氧传感器的工作状态。

在急加速时，发动机 ECU 会进行混合气加浓；在急减速时需要断油，以让发动机尽快回到怠速转速范围内。我们可以通过观察上述两种特殊工况下，数据流中氧传感器信号电压的变化，来分析混合气的调节是否正常，以及氧传感器本身是否正常。

在急加速瞬间，可以从数据流中观察到氧传感器电压上升到了 0.8V，这是正常情况，说明汽油压力不低，喷油器工作基本正常；踩加速踏板到 3000r/min，然后猛松加速踏板急减速时，发动机转速从高转速向下跌落，当达到 1500r/min 时，因为此时节气门已经回到怠速状态，而发动机转速超过正常时的怠速转速，发动机 ECU 会启动减速断油程序，短暂切断喷油器工作，此时一定会出现混合气过稀的工况，从而使氧传感器的输出信号电压降到 0.1V 左右，并且至少持续 1s。如果能看到以上的变化，则说明氧传感器工作正常；如果不按以上规律变化，则说明氧传感器或相关线路出现故障。

这种检测方法适用于大多数的 4 线氧传感器电路，因为不论发动机混合气控制系统是否有故障，在急加速时一定会有加浓的过程。如果在急加速时，信号电压没有达到 0.8V，则说明可能是氧传感器损坏或者是某种原因导致的混合气过稀。这时再观察急减速时的氧传感器信号变化规律：如果没有达到 0.1V 甚至 0V，则说明氧传感器损坏；如果有变到 0.1V 左右的情况，并且发动机怠速恢复正常后又开始上升，则说明氧传感器工作正常。

这种诊断方法是基于氧传感器的工作原理实现的。氧传感器本身是一个快速检测混合气稀浓状态的传感器，工作响应需要快，发动机 ECU 才能做相应的调整，急加速工况和急减速工况都是开环控制，所以这时氧传感器不对混合气修正起作用，发动机 ECU 按既定的程序进行控制，如果这时从数据流中看不到氧传感器信号电压的响应，而系统又存储有氧传感器加热或信号相关的故障码，则氧传感器本身损坏的概率大大增加。以上的操作可以让我们快速找到诊断的方向，提高工作效率，如要确诊故障原因，还要用万用表或示波器进一步进行检测。

4.1.3 怎样诊断氧传感器相关的故障码

氧传感器是检测排气中的氧含量来间接判断混合气稀浓的传感器，是电控燃油喷射系统中重要的闭环反馈传感器。本小节主要论述由于氧传感器本身或其相关线路形成的故障码，其他混合气稀浓的相关故障另行论述。

4 线和 6 线氧传感器的故障码主要有两类：一类是氧传感器信号电路故障码，另一类是加热电路故障码。较新的发动机都采用脉冲式加热，这种方式可以更快地让氧传感器达到正常工作温度，尽快输出信号，尽快进入混合气的闭环调节，降低排放。当加热电路出现故障时，ECU 会存储相关的故障码，下面通过一个案例来进行说明。

【帕萨特 B5 氧传感器加热电路断路】

车　　型：帕萨特 B5，1.8T 发动机，生产日期 2003 年，行驶里程 20 万 km。

故障现象：在检车前，车主来我厂做保养，进行尾气检测时，发现尾气超标，其超标数据的特点是：采用双怠速法检测时，高怠速状态下，CO 和 HC 都明显超标很多，怠速状态下两项成分也明显超标，并且混合比修正值及氧含量也表明此车的混合气过浓。

车主反映，油耗并不高，但实际检测如下：

用解码器检测，有故障码：

① 17524—催化净化器前氧传感器加热电路断路。

② 17795—内部控制模块存储校验和错误。

③ 17947—离合器开关信号不可靠。

尾气检测数据见下表。

	成分	维修前	三元催化转化器前	维修后		成分	维修前	三元催化转化器前	维修后
高怠速	HC（$\times10^{-6}$）	246	223	00	怠速	HC（$\times10^{-6}$）	182	165	0
	CO（%）	1.80	1.39	0.10		CO（%）	1.23	0.71	0.25
	NO_x（$\times10^{-6}$）	571	872	130		NO_x（$\times10^{-6}$）	324	512	87
	CO_2（%）	13.81	13.22	15.17		CO_2（%）	13.40	11.24	14.56
	λ	0.939	0.950	0.999		λ	0.959	1.075	0.995
	O_2（%）	0.00	0.00	0.00		O_2（%）	0.00	1.07	0.00

综合以上故障码检测结果以及尾气检测结果，分析认为，氧传感器损坏会引起发动机 ECU 无法监测发动机混合气的稀浓，使发动机的混合气闭环调节无法形成，造成混合气过浓。其他两个故障码与故障现象关系不大，暂时不做处理。

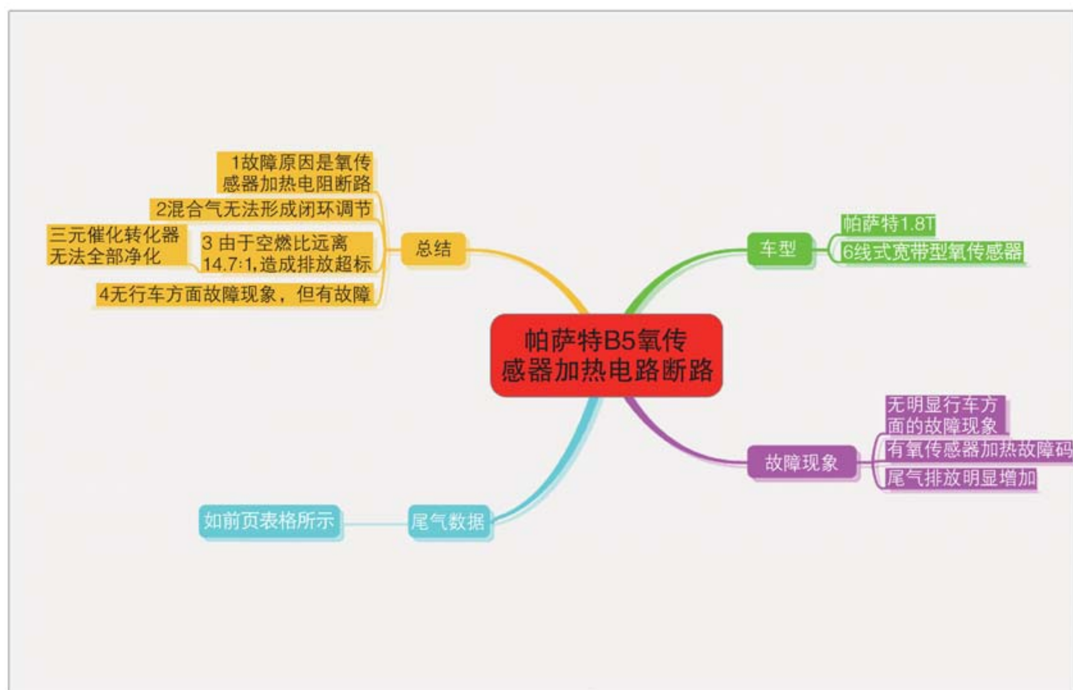
该车的前氧传感器为 6 线式宽带型氧传感器，拆下氧传感器进行检测，发现氧传感器的加热电阻变为无穷大，而加热供电电压正常。再用尾气分析检测氧传感器安装孔处的混合气浓度，如表中所示。更换前氧传感器，试车回厂后，读取故障码，显示只有“大气压力传感器的故障码”，该故障码对车辆状态影响不大，所以没有处理。尾气成分恢复到正常范围内，故障修复。

总　　结

① 该案例是因为氧传感器损坏，造成发动机 ECU 无法实现混合气闭环调节，造成混合气过浓，尾气超标。车主说没有故障表现。由此我们认识到，即便车辆没有故障表现，但也存在混合气失调的可能，通过尾气分析仪与解码器的运用可以明显反映出我们维修的价值，不但找到问题，并且通过我们的维修可以看到明显的结果。

② 在极端情况下，发动机排出的尾气明显超标，三元催化转化器的处理能力明显不足，HC 和 CO 已经无法处理了，所以只能对 NO_x 进行一定程度上的催化。另外还有一个奇怪的现象，就是通过三元催化转化器后，HC 和 CO 反而高了，我推断，可能跟断开氧传感器的插头有关系，在拆下氧传感器后，测量时可能有少量空气进入排气管，造成上述数据变化。

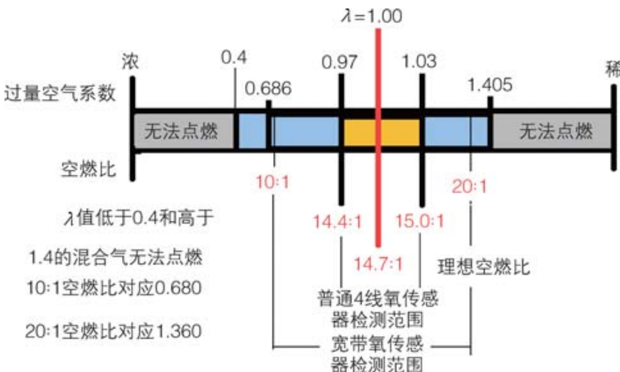
③ 在这种混合气过浓的情况下，三元催化转化器对 NO_x 的催化能力，高怠速时使 NO_x 降低了 300 左右，怠速时使 NO_x 降低了 200 左右。也就是说，经验所说的 NO_x 在 100 左右时，才能转化过来，是有一定的依据的。因为现在的极限值是 300。



4.1.4 6 线氧传感器是如何工作的

6 线氧传感器又称宽带型氧传感器，它与 4 线氧传感器的工作原理类似，主要区别是扩大了对混合气浓度的监测范围。普通 4 线氧传感器监测空燃比的范围是 14.4∶1~15.0∶1，高于或低于此范围时，信号电压不会明显变化，所以 4 线氧传感器能够测量的空燃比范围有限，不能满足新型发动机对混合气浓度范围的监测需求。为了降低排放和省油，现代汽车都趋向于稀薄燃烧，空燃比的范围加宽，可达到 20∶1~10∶1 的范围，故过量空气系数为 0.686~1.405，原来 4 线二氧化锆式氧传感器测量空燃比的范围比较窄，无法完成检测任务，只有利用宽带氧传感器才能完成这样宽范围空燃比的检测。

新型宽带氧传感器的空燃比监测范围扩大到了 20∶1~10∶1，完全可以满足混合气变化范围的监测需求。与原来 4 线氧传感器一样，它也采用了 PTC 元件加热的方式，让传感器尽快升温，缩短从开始工作到产生信号的时间。同时在信号电压上，宽带氧传感器的信号电压变化范围也与原来的 4 线氧传感器有所不同，大众车的宽带氧传感器是以 1.5V 为中心的信号电压，当信号电压小于 1.5V 时，表示混合气过浓，当信号电压超过 1.5V 时，表示混合气过稀。这种变化趋势与原来的 4 线氧传感器信号的变化趋势相反。根据燃烧的化学原理，当过量空气系数 λ 大于 1.4 或小于 0.4 时，都将无法点燃。



混合气的检测范围。

作用 宽带氧传感器的作用是与稀薄燃烧发动机控制系统相匹配，形成混合气闭环调节，使混合气处于精确控制的范围内，最大限度地降低排放，节省燃油，使通过三元催化转化器后的有害气体达到国家排放标准。

现象 氧传感器损坏后，会造成发动机混合气无法形成闭环控制，发动机燃烧不良，排放明显增加，引起油耗增高，并且仪表板上的发动机故障灯会点亮。严重时会出现排气冒黑烟、油耗增高等问题。

原因 6 线氧传感器的寿命在 10 万 km 以上，如果出现早期损坏，则一般由燃油品质引起，因为燃油中过多的重金属或其他有机物附着在氧传感器表面，使氧传感器不能与排气成分接触，造成信号电压反应迟钝的故障现象。

验证 宽带型氧传感器的工作原理较为复杂，从维修层面来讲，我们重点介绍检测方法。检测方法是用解码器进入数据流功能，大众车系读取第 30 组第 1 区的第 1 位二进制数（氧传感器加热状态显示位），为 1 时表明正在进行通电加热，为 0 时表明没有电流流过。正常情况下，该位是不断变化的，由发动机 ECU 进行加热电流控制，采用间歇加热的方式来控制氧传感器的温度，既不过高，又不过低，始终稳定在正常的工作范围内。

从 33 组数据流第 2 区可以看到，氧传感器的信号电压在正常情况下应该在 0.13~3.6V 之间变化。实际经验表明，正常工作的车辆，其信号基本稳定在 1.5V 左右，轻微变化或不变化都是正常现象，但在加速和减速时应该有明显快速的信号电压变化。

4.1.5 如何用解码器分析前、后氧传感器相关数据

用解码器分析前、后氧传感器，可以快速缩小故障范围，提高诊断效率。因为只要插上解码器，选择合适的菜单，就能进入数据流功能，用解码器对氧传感器数据进行分析。这种方法比使用其他任何检测设备都要快速。当然，解码器中的数据是经过发动机 ECU 解析后通过通信线路传递给解码器，再通过解码器的显示屏显示给操作者的，是一种间接测量方式，如果要确诊故障，还需要用万用表或示波器进一步进行检测。随着发动机技术的发展，发动机的结构越来越复杂，在有些车型上氧传感器安装位置非常难以接近，用解码器做初步诊断，还是有很高的实用性的。

对于前氧传感器，不论是 4 线还是 6 线氧传感器，都可以用给进气口喷入化油器清洗剂的方法，对原车混合气浓度进行干扰，然后通过观察解码器数据流中氧传感器信号的变化来判断氧传感器是否工作正常。如果能正常响应混合气稀浓的变化，则说明氧传感器工作正常，如果不能响应，则说明氧传感器工作异常。

前氧传感器直接接触发动机排出的废气，可以快速响应混合气稀浓的变化，后氧传感器安装在三元催化转化器后面，由于三元催化转化器的催化还原作用，排出的废气中氧气变化幅度变小，其信号电压的变化幅度比前氧传感器要小。常见的用解码器实测结果为电压基本稳定在 0.5V。

前氧传感器可以通过急加速的方法实现快速检测，后氧传感器则没有明显的响应。

从功能上看，前氧传感器是用来检测混合气稀浓的，后氧传感器是用来监测三元催化转化器工作效率的，所以前氧传感器会影响到混合气的调节，而后氧传感器则不会影响，仅仅用来时刻监测三元催化转化器的工作效率。也正因为如此，前氧传感器在一些较新的车型上采用 6 线氧传感器，以加宽混合气的检测范围，而后氧传感器通常仍用 4 线氧传感器，只对三元催化转化器的效率进行评估。

在大众车中，氧传感器相关的数据流在 30~36 组中可以看到。31 组 1 区为前氧传感器信号电压，2 区为后氧传感器电压。正常情况下，前氧传感器信号电压在 0.1~0.9V 之间变化，后氧传感器在 0.6~0.8V 之间轻微变化。

凯越 1.6L 自动档车在试车过程中，反复观察前后氧传感器的变化规律：匀速前进时，前氧传感器在 166~663mV 之间变化，后氧传感器电压为 663mV，不变化；均匀加速时也是这种变化规律；减速时前氧传感器先变为 0mV，然后后氧传感器也跟着变为 0mV，车辆停稳后，怠速运转，这时前氧传感器在 16~660mV 之间变化，后氧传感器始终在 721mV 上下轻微变化。此车长期修正始终为 1%，短期修正在 0~1% 之间变化，说明空燃比的控制正常。怠速状态下，喷油脉宽为 3.1~3.2ms，此时炭罐电磁阀开度为 17.6%

前氧传感器和后氧传感器之间的数据变化规律可以用来分析故障，以下是相关的案例。

【金杯面包尾气味重且怠速游动】

车　　型：金杯面包，4Y 发动机，排量 1.997L，电控型号为 XC4G19，生产日期 2007 年，行驶里程 1.8 万 km。

故障现象：冷车怠速基本正常，热车后，怠速出现抖动，且排气味重。中低速加速无力，高速行驶正常。车刚开进车间，离车，技师很远就能闻到明显的、浓重的、刺鼻的尾气味。

HC	2894×10^{-6}
NO_x	75×10^{-6}
λ	1.840
CO	0.13%
CO_2	6.03%
O_2	12.0%

用解码器检测，进入德尔福 EOBD，读取故障码，显示故障指示灯电路，无其他故障码。

进行前期检查：测量汽油压力正常；测量进气压力传感器，用真空枪对比测量，没有问题；将喷油器拆下来，到试验台上进行试验，结果各个喷油器的喷油量均衡，且不漏油。结合尾气数据，没有找到有效的数据锁定故障。

用真空表测量进气压力，为 10lbf/in^2（1 lbf/in^2=6.9kPa），解码器数据流中为 66kPa ；前氧传感器 0.52V，后氧传感器 0.03V ；相对负荷 14.9%，前氧传感器短期修正 -18.44%，短期修正 -23.5%，长期修正 -11.8%，相对负荷 14.9%。以上为严重时的故障表现，在刚着车时问题不太严重时，喷油脉宽为 4.10ms。

检测汽油压力，为 2.5kgf/cm^2（1kgf/cm^2=0.1MPa），急加速可以达到 3.0kgf/cm^2，说明汽油压力正常。用尾气分析仪检测，数据见下表。

其他数据流如下。

项目	数据	项目	数据
发动机负荷	13.7%~14.5%	前氧传感器短期修正	73.34
冷却液温度	53℃	后氧传感器短期修正	0.04V
短期 1 组	-0.1%	故障灯	0km
长修 2 组	-8.7%	点火电压	13.9V
进气歧管压力	47~49kPa	目标怠速	812r/min
发动机转速	905~922r/min	大气压力	102.09kPa
车速	0km/h	空燃比	14.22:1
节气门位置传感器采样值	7~9	运转时间	134s
前氧传感器电压	1.1V	计算空气流量	5.67g/s

在所有的数据中，有异常的是前氧传感器。它在打开点火开关时就为 1.1V，着车几分钟后，信号电压仍然是 1.1V，但后氧传感器有正常的变化。

用万用表检测信号电压，发现为 1.9V，着车后也是 1.9V，始终不变化。按以往的经验，信号插头上的电压应该为 0.45V 左右，但此车为 1.9V，故怀疑是 ECU 内部损坏，产生了异常电压。

再用万用表测量后氧传感器信号线电压（拔下插头测量线束方向），结果也是 1.9V，两个信号电压都损坏的可能性不大。着车后，可以从数据流中看到，后氧传感器在变化。于是，试着将后氧传感器与前氧传感器对调，在打开点火开关的情况下，仍旧为 1.1V，但灭车 1min 后，数据流中前氧传感器的信号电压开始变化，在 0.1~0.8V 变化，而后氧传感器始终为 1.1V，说明现在的后氧传感器损坏了。

更换一个新氧传感器后，发动机工作恢复正常，各项数据流以及尾气数据都恢复正常。经过试车，行车正常，回厂后再用解码器检测故障码，显示系统正常，怠速转速平稳，且尾气已经比原来好多了，几乎闻不到刺鼻的气味。用尾气分析仪检测尾气，数据如右表所示。

HC	106×10^{-6}
NO_x	108×10^{-6}
λ	0.990
CO	0.45%
CO_2	16.36%
O_2	0.0%

从尾气数据上看，此车混合气调整已经恢复正常。试车，发动机低速无力的故障现象也没有了。

总　结

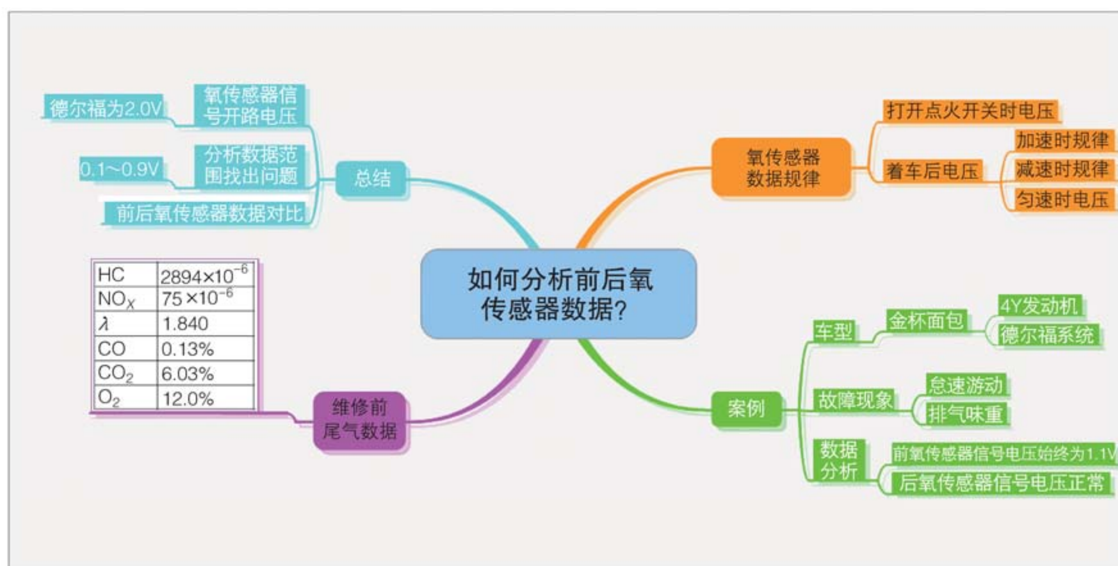
① 此车故障是因为前氧传感器损坏引起混合气失调，使混合气越来越浓，造成怠速抖动、排气味重的现象。

② 此车的故障比较特殊，没有氧传感器的故障码，因此维修起来费了一定的周折。

③ 用解码器观察数据流时，不仅可以在着车状态下观察氧传感器输出信号电压，还可以在打开点火开关的状态下观察静态电压，此时氧传感器没有输出信号，但会有一个来自发动机 ECU 的静态电压。此电压正常，说明发动机 ECU 与氧传感器连接正常；此电压异常，就该首先进行维修。德尔福系统的氧传感器信号开路电压为 2.0V 左右，这是用万用表测量到的，而实际数据流中显示是 1.1V，这是不正常的，开路时信号线上的电压值决定于 ECU 内部的电路结构。

④ 抓住关键问题，分析数据找规律，前后氧传感器之间的数据可以在一定程度上相互参考，结合加减速的办法，可以快速锁定故障。

⑤ 另外，正常情况下信号电压的范围是 0.1~0.9V，故 1.1V 是有问题的，虽然只超过标准 0.2V，但正常情况下不会出现 1.1V 电压。



4.1.6 怎样快速诊断 6 线氧传感器

6 线氧传感器与 4 线氧传感器相比，对空燃比的测量范围更宽，另外加热部分电阻减小，电流增加，功率增加，所以氧传感器的升温速度变快，可以更快地输出信号，让空燃比更快地进入闭环调节。

6 线氧传感器也需要加热电路工作正常，才能产生正常的混合气稀浓信号电压，所以要想快速诊断 6 线氧传感器相关的故障，应该首先判断加热电路工作是否正常。如果加热电路工作正常，则可进行信号部分的检查。可以在急加速和急减速时读取数据流，观察信号电压变化是否正常。

加热电路的测量：用万用表检查氧传感器加热部分的电阻值，应为 2.5~10Ω ；如果电阻正常，则进一步测量加热电压是否到位，正常情况下，加热电压是一个脉冲电压；加热部分工作正常的情况下，再检测信号部分工作是否正常。

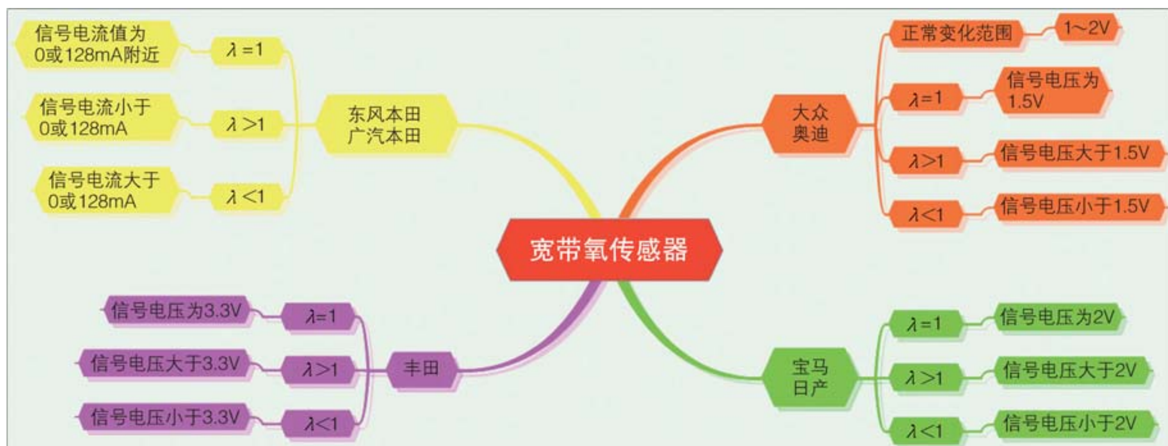
另外一个与 4 线氧传感器不同的地方，就是在怠速状态下，氧传感器的信号电压在 1.5V 附近，基本不变化，而不像普通 4 线氧传感器那样，信号电压一直在以 0.45V 为中心的范围内不断变化。

需要注意的是，宽带氧传感器的信号电压变化范围变大，并且在不同的车系上，信号电压也不一样，而不像 4 线氧传感器那样，都是在 0.1~0.9V 之间变化。比如，在大众车上，宽带氧传感器是以 1.5V 为临界点，当信号电压大于 1.5V，混合气偏稀，小于 1.5V 时混合气偏浓。

在实际维修工作中，还可以采用人为干扰的方法来验证氧传感器是否能响应混合气的变化。比如，在着车状态下，将化油器清洗剂喷入进气管，然后观察氧传感器信号电压的变化，这时应该随喷入清洗剂量的大小而输出低于 1.5V 的信号电压；还可以采用断开进气软管的方法，让一部分空气漏进进气管，而不流经空气流量传感器，这时就应该看到氧传感器的信号电压高于 1.5V，并且随漏气的空气量不同有所变化。如果氧传感器能正确地响应混合气稀浓的变化，说明氧传感器工作是正常的。

除此之外，在维修过程中，遇到空燃比方面的故障，除了观察氧传感器的信号电压变化范围以外，还应该参考长期修正和短期修正数据。大众车的长期修正数据是在 32 组，第 1 区为怠速时的长期修正，第 2 区为部分负荷时的长期修正，正常情况下怠速长期修正应该在 ±4% 范围内，部分负荷长期修正应该在 ±8% 范围内。如果偏离此值太多，则说明混合气控制系统存在故障。

不同车系中，宽带氧传感器的信号电压也有所不同，具体车系对应的宽带氧传感器的信号电压见下图。



4.1.7 氧传感器是空燃比传感器吗

氧传感器可以检测混合气的稀浓，前提条件是发生了燃烧，再去检测排气中的氧气。多缸发动机中，如果发动机某缸没有燃烧，则混合气直接进入排气管，混合气中的氧气并未与汽油发生燃烧，氧传感器会检测到氧气的存在，这时氧传感器输出的信号就不等同于混合气稀浓信号。下面通过保时捷卡宴的故障案例来说明其中道理。

【保时捷卡宴大修发动机后右侧气缸混合气过浓】

车　　型：保时捷卡宴，发动机排量 3.0L。

故障现象：右侧气缸的混合气过浓，长期燃油学习值为 25%，而左侧正常。因为该车进行了发动机大修，所以换了比较多的配件。

具体的现象是，发动机着车后基本平稳，而过一段时间后，随着闭环调节的形成，发动机开始抖动，检测发现右侧的长期学习值越来越高，排气味重。拔下右侧氧传感器插头后，发动机工作状态好转，对调两侧的氧传感器，故障现象没有好转。开始怀疑是发动机 ECU 故障，但通过分析此车故障现象，认为发动机 ECU 损坏的可能性比较小。既然对调了氧传感器也没有效果，那氧传感器损坏的可能性被排除了，怀疑是排气管漏气，但与操作人员沟通后排除了这方面的可能。

重新整理思路，根据此车的结构特点，把右侧氧传感器的信号线用导线引到左侧氧传感器线束上，把左侧的氧传感器信号给右侧的线束，即对调氧传感器的信号，看发动机的燃烧有什么变化。

经过对调后，发现左侧的发动机混合气长期学习值开始偏向正的方向，也就是说，故障现象由原来的右侧换到了左侧，由此可以确认，发动机 ECU 没有问题。

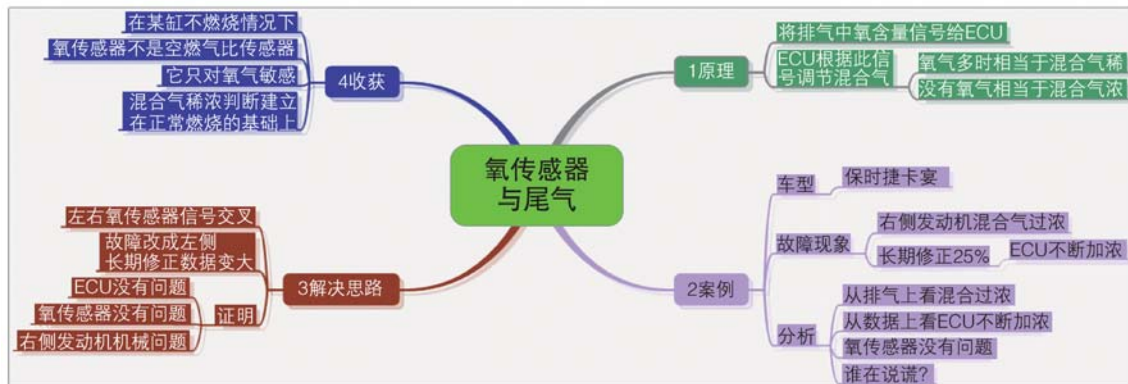
再进一步检查，发现是由于新换上去的液压挺杆引起的。更换右侧的液压挺杆后，故障排除。

为什么挺杆会影响混合气调节？经过认真分析，得到这样的结果：

因为挺杆的高度不能调节，造成右侧某气缸气门关闭不严，进而出现燃烧不良，混合气没有被点燃，其中的氧气会直接排到排气管中。氧传感器检测到氧气，会输出混合气过稀信号，ECU 就认为是混合气偏稀，发动机响应氧传感器低电压信号，会加浓混合气，反复循环加浓，形成上述故障现象。而实际上故障本质不是混合气稀，所以加浓混合气也不能解决发动机的燃烧问题。随着氧传感器信号的不断调节，混合气越来越浓，最终使右侧发动机混合气过浓，抖动严重。

总　　结

氧传感器是通过检测排气中的氧气含量来判断混合气稀浓的，并且是多个气缸共用一个氧传感器。当燃烧出现问题时，会有氧气不参与燃烧直接进入排气管。氧传感器检测到氧气存在时，向发动机 ECU 传送混合气过稀信号，造成混合气的闭环调节被打乱而出现上述故障。该案例提醒我们，要记住氧传感器是氧敏传感器，而不是真正的混合气浓度传感器，在个别情况下可能会导致动机 ECU 错误调节混合气。



4.1.8 空气流量传感器损坏后对于尾气有什么影响

空气流量传感器损坏后，会引起进气量的测量误差，而发动机 ECU 是以空气流量传感器信号为主要依据来计算喷油量信号的，所以空气流量传感器信号失准后，会造成混合气失调。混合气空燃比偏离正常的大小，也会影响混合气的稀浓程度。下面通过一个案例来看看空气流量传感器出现故障时，对尾气有什么影响，会产生什么样的故障现象。

帕萨特 B5 1.8T 发动机高速无力，且噪声大

车　　型：帕萨特 B5，该车装用 1.8T 发动机，配自动变速器。

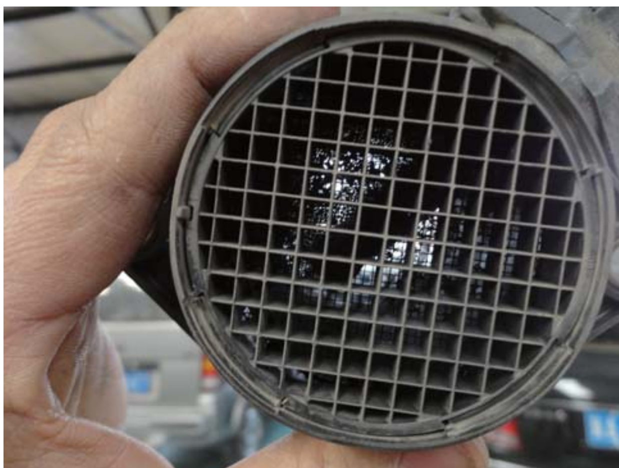
故障现象：车主反映说该车高速动力不足，且噪声大，冷车刚着车时，发动机噪声更大，可与拖拉机的噪声相比。

接车后，先用解码器读取故障码，显示有混合气过浓和过稀的故障码。

读取数据流中 31 ~ 33 组的数据，如下表所示。

组号	区号	数据	维修后	备　注
31	1	0.99	±1.00	过量空气系数，接近 1.00 为正常
	2	1.00	1.00	过量空气系数理论值
32	1	-9.00%	-7.7%	怠速长期修正，说明怠速状态下混合气偏浓，经过减稀修正才能接近正常，但此车数据超过 ±4%，说明存在故障
	2	24.22%	14.8%	部分负荷时的长期修正，说明部分负荷时混合气偏稀，要经过加浓修正才能接近正常，此车数据也偏离正常值，正常情况下，应该在 ±8% 以内
33	1	2.34%	2.1% ~ 3.3%	短期修正，正常时为 ±10% 以内，极限值为 ±25%
	2	1.50V	1.5 ~ 1.54V	氧传感器信号电压实际值

表中数据说明，短期修正基本正常，在正常情况下，应该在 ±10% 以内，此车数据为 2.34%。但长期修正值明显有问题：怠速时的长期修正为 -9.00%，说明怠速时的混合气偏浓，部分负荷时的长期修正值为 24.22%，说明混合气在部分负荷时偏稀。需要加浓混合气，才能适应发动机工作的需要。



根据经验判断，可能是此车的空气流量传感器出现了问题。再用解码器进入第 2 组的数据流，显示进气量为 3.8 ~ 4.0g/s。有些偏高，测量传感器的输出电压，为 1.39V。

将传感器拆下检查，发现传感器的滤网上布满了杂质，实际情况如下图所示。

进行清理后，重新装复试车。再测量电压，为 1.414V，电压稍微有所上升。空气流量传感器的型号为 0280 213 212。

试车，混合气调节的故障没有再次出现。接着进一步检查，根据车主反映的冷车起动着车后，约 30s 有噪声，应该是二次空气喷射漏气引起的噪声。经过检查，发现空气滤清器下方的二次空气喷射软管断了，更换新的软管后，数据如下表所示：

工况	成分	数据
高怠速	HC	44×10^{-6}
	CO	0.27%
	NO_x	156×10^{-6}
	CO_2	20.00%
	λ	0.990
	O_2	0.0%
怠速	HC	44×10^{-6}
	CO	0.20%
	NO_x	55×10^{-6}
	CO_2	20.00%
	λ	0.996
	O_2	0.0%

从数据上看，怠速和高怠速时 CO 值均偏高，目前此车的混合气偏浓，分析认为可能此车的空气流量传感器损坏。理由是：怠速时空流计的进气量数据应为 2.8~3.0g/s，而此车为 3.8~4.0g/s，偏高严重。故怀疑是空气流量传感器存在问题。

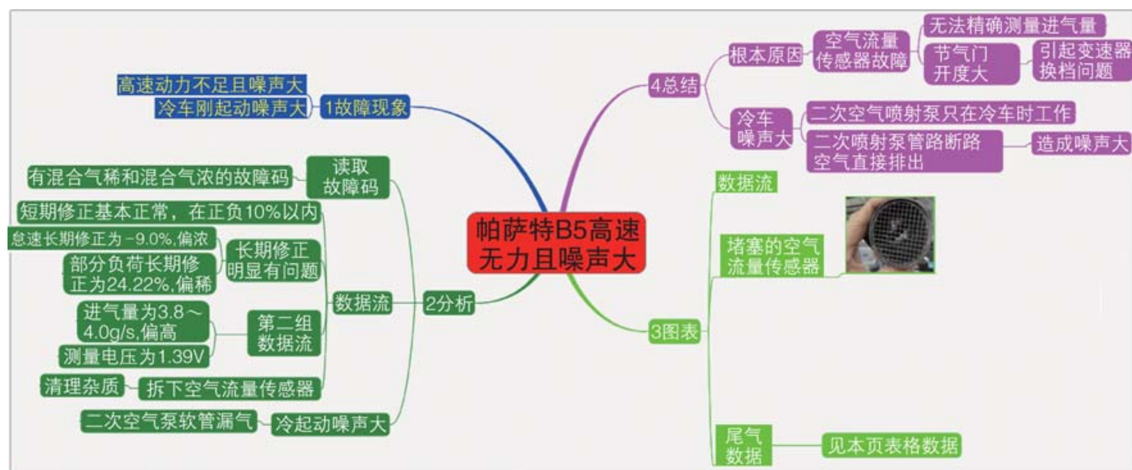
更换一新的空气流量传感器，经过试车，高速动力不足的故障现象排除。

总　　结

① 此车混合气调节方面的故障码，是因为空气流量传感器的滤网上布满灰尘引起的。因为灰尘的原因，造成其无法精确地测量进气量，虽然发动机 ECU 在检测到混合气稀后，可以进行一定程度上的调整，但范围过大时难以调整过来，造成高速动力不足的故障现象，进而存储相应的故障码。

② 二次空气喷射只有在冷车状态下才会工作，在检测时要注意这一问题，一般其管路断路后，因为排气管的排气会吹出来，所以我们会听到类似拖拉机的噪声。

③ 因为是自动档车，所以当空气流量传感器出现故障时，节气门开度会变大，则会引起变速器的换档问题，所以噪声大可能是空气流量传感器引起的。



4.1.9 冷却液温度传感器损坏后对于尾气有什么影响

冷却液温度传感器起着修正混合气浓度的重要作用。冷却液温度传感器损坏会影响混合气的调节，但损坏的形式不同，会产生不同的故障表现，尤其是当其阻值漂移时，对混合气的影响是比较复杂的。下面通过一个案例来看看当冷却液温度传感器出现故障时，对尾气有什么影响，会产生什么样的故障现象。

【捷达车尾气超标】

车　　型：捷达两阀车，已经行驶 12 万 km。

故障现象：去检测站检车时，进行尾气检测无法通过。与车主沟通后得知，此车行车时没有异常现象。

用解码器检测，有如下故障码：混合气方面的故障码 16825，偶发；蒸发排放控制系统流量故障码 16995，偶发；制动开关信号不明确故障码 16556，偶发；燃油调整，第一列数据显示混合气太浓。清除故障码后，系统显示正常。

清洗节气门及喷油器后，数据有所好转，但还是明显超标。检查发现高压线断路，更换后，数据也是轻微好转，但没有解决根本问题。

更换新火花塞后，发现排气中的数据不降反升，原车装用的是白金火花塞，所以又换回原来的火花塞。怀疑三元催化转换器工作不良。

	成分	检测站数据	维修前	清洗喷油器	换高压线后	换冷却液温度传感器
高怠速	HC（$\times10^{-6}$）	121	46	74	25	9
	CO（%）	0.79	0.25	0.60	0.4	0.19
	NO_x（$\times10^{-6}$）		67	57	7	2
	CO_2（%）		16.76	17.84	18.44	17.78
	λ		0.990	0.984	0.990	0.997
	O_2（%）		0	0	0	0
怠速	HC（$\times10^{-6}$）	177	39	119	65	23
	CO（%）	1.04	0.38	0.82	0.69	0.21
	NO_x（$\times10^{-6}$）		9	19	4	1
	CO_2（%）		16.53	17.07	17.86	17.56
	λ	1.01	0.989	0.973	0.982	0.994
	O_2（%）		0	0.00	0	0

接上解码器，进入数据流功能，在数据流中发现冷却液温度数据异常。随着起动时间的延长，冷却液温度数据一直在 64℃左右，不再上升，即使散热风扇开始转动时，冷却液温度最高也只能达到 64℃，这是一种不正常的现象。抓住这个矛盾点，我们再进行深入的检测。

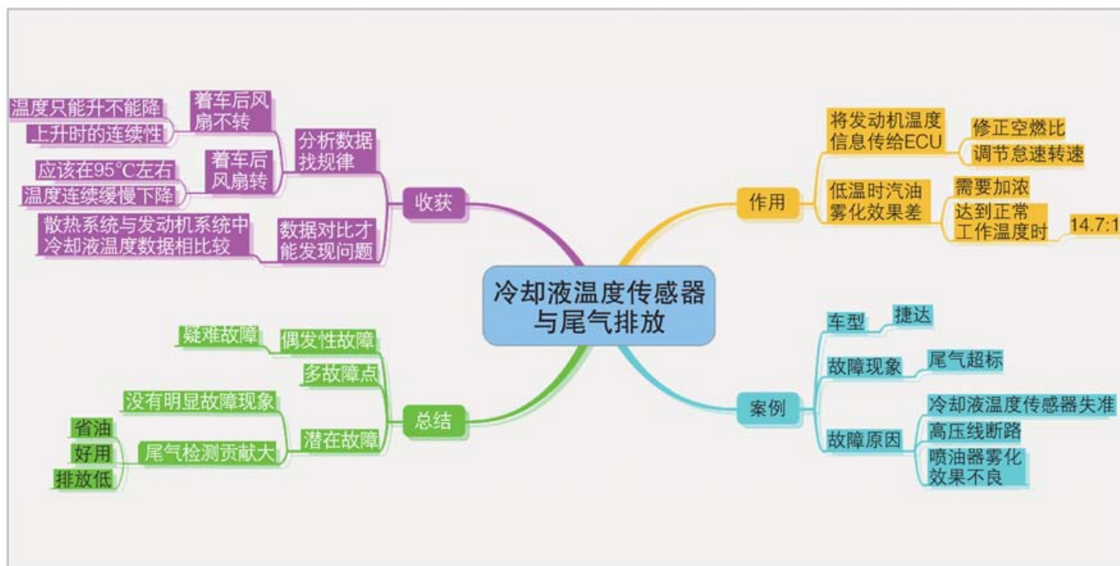
怀疑此车的冷却液温度传感器损坏，于是更换冷却液温度传感器后着车试验。测量结果如上表所示，已经明显低于排放标准。但在测量过程中还发现，CO 在高怠速时变化幅度较大，有时达到 1.0% 甚至 2.0%，但仪器最后显示的总平均值还是能通过尾气检测的。

交车后，去检测站验车，顺利通过，尾气超标故障排除。

总　　结

此车故障由多种原因造成，其中冷却液温度传感器损坏是主要原因。因为冷却液温度传感器不能真实反映发动机的工作温度，使发动机 ECU 计算出的喷油时间过长，造成混合气过浓，使排气中的 CO 值上升。如果没有仔细观察排气中 CO 值的变化范围以及冷却液温度传感器的数据，就有可能漏掉这一故障原因。如果冷却液温度传感器完全损坏，则发动机 ECU 会存储相应的故障码，反而更容易发现。通过尾气分析仪与解码器的配合应用，再加上工作人员的认真分析，最终找到了故障原因，不仅使发动机的排气达到国家标准，更使发动机的油耗降低，保护环境的同时为车主节省了费用，一举多得。

在检测尾气的过程中发现过很多这样带“病”运行的车，车主很难发现，所以把尾气当作一个检验发动机工作状态的工具是完全合理的一种新思路，可以迅速了解发动机的工作状态，使维修有根有据。



4.1.10 凸轮轴位置传感器损坏后对尾气有何影响

原理 多数凸轮轴位置传感器安装在凸轮轴的一端，也有的装在分电器内。凸轮轴位置传感器从工作原理上讲，大多数是霍尔式传感器，也有个别车型采用电磁式凸轮轴位置传感器。如果是霍尔式传感器，则输出波形是方波；如果是电磁式传感器，则输出的是类似于正弦波的脉冲波形。

作用 凸轮轴位置传感器的作用是与曲轴位置传感器相配合，让发动机 ECU 识别出哪一个缸处于做功行程、曲轴的精确位置，以精确确定点火提前角和喷油提前角。

现象 发动机电控系统中与凸轮轴位置传感器相关的故障有两种：一种是信号丢失；另一种是与曲轴位置传感器存在相位错误。当出现信号丢失或相位错误故障时，大多数发动机电控系统会识别到，并且会存储相应的故障码。

点火系统采用 COP（每缸一个点火线圈）的系统，比如帕萨特 B5，会因为凸轮轴信号丢失或相位错误不能着车。而采用 DIS（每两缸共用一个点火线圈）的系统，比如 2010 年款捷达，在凸轮轴位置传感器损坏后，一般可以着车，但会出现起动时间过长的故障现象。这是因为凸轮轴正时信号缺失，发动机电控系统无法准确判断是哪一个缸处在做功行程，但对于 DIS 系统来说，因为 1、4 缸的上止点在同一位置，并且一个处于做功行程，另一个处于排气行程，所以即使 ECU 判断不出是哪一个缸做功，给其点火也不会严重影响到发动机的运行。这种情况下汽车是可以起动的，但会影响到点火时间和喷油时间的控制，使燃烧质量变差，有些型号的发动机 ECU 会限制发动机转速。不同的电控系统，对于丢失凸轮轴位置信号的处理策略不同。所以，才会有以上不同的表现。

验证 有两种方法可以验证凸轮轴位置传感器是否损坏，一种是示波器法（比较准确），另一种是用万用表对凸轮轴位置传感器进行粗略检测。

原因 常见的凸轮轴位置传感器损坏的原因有以下几种。

① 自然老化损坏。

② 拆装（在拆装时易碰坏传感器的磁铁部分）损坏。

③ 使用时间过长，磁铁部分吸附了较多的铁屑，引起工作失常。遇到这样的问题，一般清理杂质后就能恢复正常。

通过下述案例来学习凸轮轴位置传感器损坏后尾气的变化。

【2010 年捷达发动机故障灯亮且起动时间长】

车　　型：2010 年款捷达，已经行驶 25 万 km。

故障现象：起动时间长，发动机故障灯亮。

用尾气分析仪检测尾气，成分数据如图 1 所示。

用解码器读取故障码，显示为凸轮轴位置传感器信号丢失。经过检查，发现凸轮轴位置传感器的插头脱落，将传感器插头插上后，清除故障码。起动车辆，发动机起动困难现象消失，再次检测尾气，数据如图 2 所示。



图 1



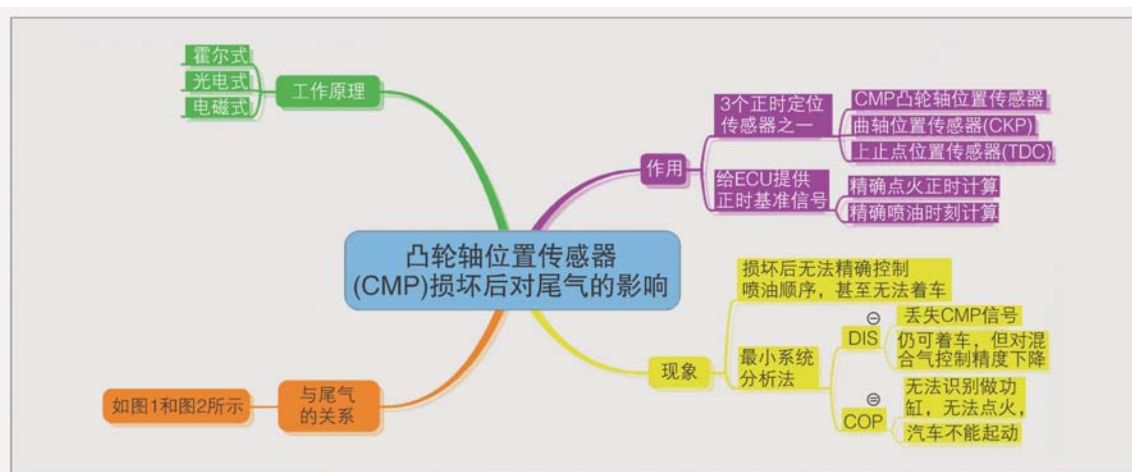
图 2

从以上数据看，虽然故障码清除了，起动困难现象也排除了，但 CO 和 HC 的值还明显偏高。与车主沟通后得知，此车之前因为缸筒磨损严重而维修过缸盖。但由于费用问题，没有进一步维修，估计 CO 和 HC 偏高的原因是由于发动机老化引起的。但经过相对比较，发现数据上一个明显的变化就是 CO 值在维修后明显变小。另外，因为时间关系没有试车，推想试车后通过长期燃油修正的学习作用，发动机的燃烧效率还会进一步升高。

总　　结

① 此车起动时间过长故障是由凸轮轴位置传感器信号丢失引起的。凸轮轴位置传感器信号丢失造成 ECU 只能识别出处于上止点的气缸，如 1、4 缸上止点一块儿出现，就无法识别出到底是哪一个缸处于做功行程。所以，在喷油顺序上无法实现顺序喷油，只能采用同时喷油，无法实现精确控制。

② 通过以上对维修前后尾气数据分析，能得出这样的结论：当凸轮轴位置信号丢失后，会造成点火提前角无法精确控制，喷油时间无法精确控制，降低燃烧效率，增加 HC 和 CO 的排放。



㊀ DIS 表示直接点火系统，如以时代超人为代表的每两个缸共用一个点火线圈的系统。
㊁ COP 表示独立点火系统，以帕萨特为代表的，每缸 1 个点火线圈的系统。

4.2 分析与排放有关的执行器故障

4.2.1 EGR 阀损坏后对尾气有何影响

废气再循环系统（EGR）的作用是通过引入一部分燃烧后的废气到进气管，以降低气缸内部燃烧温度的方法来降低 NO_x 的排放。当 EGR 系统出现故障时，会对尾气有什么影响呢？我们通过下面的案例来学习一下。

车　　型：2010 年款凯越。

故障现象：怠速游动，且尾气味重。故障码有两个："废气再循环流量错误"和"发动机失火"。

故障检测：观察此车，确认故障现象，发动机怠速快速游动，排气管出口排出的气流不均匀且有汽油味，说明发动机燃烧不良。试着用解码器清除故障码，显示无法清除，说明这是一个现在存在的故障。用尾气分析仪测量该车的排气成分，数据见右表。

高怠速	数值	怠速	数值
HC	23×10^{-6}	HC	28×10^{-6}
CO	0.0%	CO	0.18%
NO_x	2×10^{-6}	NO_x	0×10^{-6}
CO_2	15.98%	CO_2	13.52%
λ	1.000	λ	1.006
O_2	0.0%	O_2	0.20%

用解码器读取数据流，见下表。

项　　目	数　　值	项　　目	数　　值
发动机转速	711r/min	HO_2S 传感器 1	682.5mV
设定怠速	700r/min	HO_2S 传感器 2	780mV
IAC 位置	62 计数	短期燃油调整	1%
ECT 传感器	92℃	长期燃油调整	1%
环境温度	18℃	EVAP 排污电磁阀指令	24.7%
发动机负荷	32.3%	指令 EGR	0.0
TP 传感器	0.6V	蓄电池电压	14.28V
TP 指明角度	11.3%	进气歧管绝对压力传感器	54kPa
计算节气门位置	0.0%	大气压力	101kPa
怠速	是	喷油器 PWM 平均值	4.4ms

再结合解码器和尾气分析仪的检测数据，分析认为可能 EGR 阀卡死在一个固定位置，在转速上升时，EGR 阀的废气流量并没有变化。所以从数据上看，高怠速时发动机燃烧是正常的，怠速时进气量少，受废气的影响大，2500r/min 时，废气量对于发动机的影响减弱，这是可以从数据看到的。此车的尾气在高怠速时基本正常，而在怠速时有些异常。

从尾气分析仪的数据可以看到，λ 原来为 1.006，表明混合气过稀；而 CO 的含量为 0.18%，比正常值偏高，表明混合气偏浓。这两个数据有些矛盾，一个指向稀，一个指向浓，这是为什么呢？经过分析认为，可以这样理解，发动机维修前处于一个不稳定的状态，发动机怠速游动，因为喷油脉宽也明显加大，维修前是 4.4ms，维修后变成 2.8ms，所以混合气浓是肯定的。但因为混合气浓，加上一部分燃烧后的废气进入进气管，造成个别缸个别行程做功失败，点火失败后的混合气（有一部分氧气）直接排出，在下面的测量中也验证了这一点，O_2 的含量达到了 0.20%。所以过量空气系数反映的是混合气整体偏稀，这是因为有过多的废气参与燃烧，使缸内的混合气偏离正常成分，造成个别气缸不能可靠点燃。从总的供油量和进气量来看，混合气是过浓的。

诊断结果：根据以上数据，结合以前的维修经验，判断此车故障是因为 EGR 阀卡在开的位置引起的。

维　　修：更换新的 EGR 阀后，清除故障码，显示系统正常。怠速游动故障现象消失，排气中有明显汽油味的现象也消失了。再次检测所有数据，见下表。

高怠速	维修前	维修后	怠速	维修前	维修后
HC（$\times10^{-6}$）	23	23	HC（$\times10^{-6}$）	28	21
CO（%）	0.0	0.0	CO（%）	0.18	0.0
NO_x（$\times10^{-6}$）	2	47	NO_x（$\times10^{-6}$）	0	0
CO_2（%）	15.98	15.41	CO_2（%）	13.52	15.18
λ	1.000	1.000	λ	1.006	1.000
O_2（%）	0.0	0.0	O_2（%）	0.20	0.0

对尾气分析仪的数据进行分析：高怠速状态下，HC、CO 的含量在维修前后没有变化，NO_x 变化明显，由维修前的 2 变成了维修后的 47，说明原来的 EGR 阀开度过大，抑制了 NO_x 的形成，CO_2 有轻微下降，但在正常范围内；怠速状态下，HC 由维修前的 28 下降到 21，稍有变化，CO 有明显变化，由原来的 0.18 变成 0.00，说明维修前存在混合气过浓的情况，NO_x 由原来的 0 变成了现在的 14，也表明原来的废气再循环阀开度过大，CO_2 由原来的 13.52 上升到 15.18，这个变化表明，维修后发动机的燃烧效率明显变好。

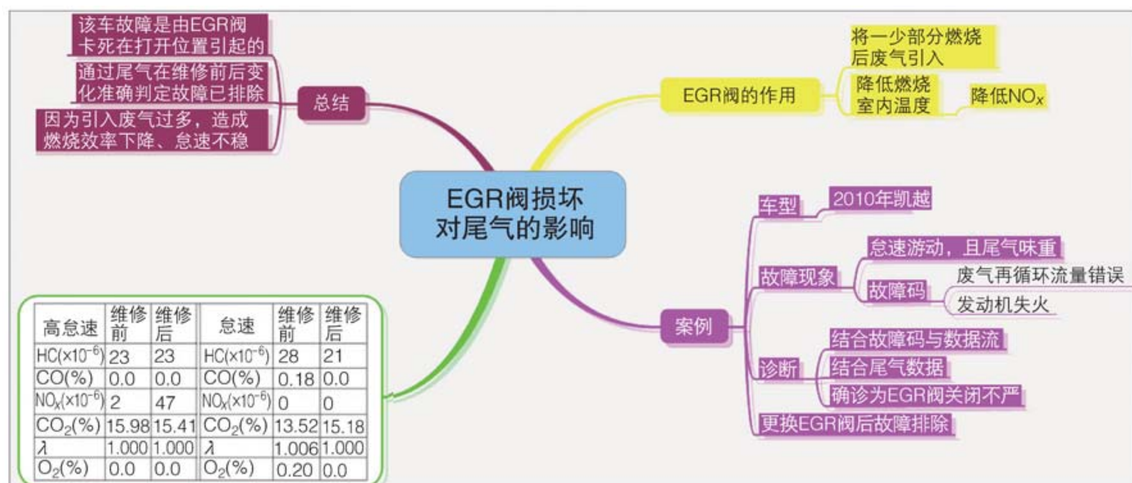
维修后，解码器中的数据，如怠速电动机步数、发动机负荷、进气歧管绝对压力传感器、喷油器 PWM 平均值、前氧传感器、后氧传感器 6 项数据变为正常。

更换 EGR 阀后，各个关键数据都往好的方向变化，且都恢复到正常状态，发动机此时工作平稳，怠速游动故障消失。清除故障码试车，一切正常，到此故障排除。

总　　结

① 本车故障原因是因为废气再循环阀卡在打开位置，无法关闭使电控系统处于一种失控状态，引起喷油脉冲加大，混合气变浓，进而引起怠速游动。

② 尾气分析仪可以检测故障状态的尾气数据，维修后的效果也得到了验证，可以使诊断更加准确、科学。



4.2.2 喷油器故障对尾气有何影响

喷油器是电控发动机的主要执行器。喷油器堵塞会造成混合气过稀。但当 4 个缸的喷油器的喷油量差别较大时，会造成什么情况呢？

因为 4 缸发动机共用一个氧传感器，所以当各缸喷油器的喷油量相差过大时，会造成燃烧不良。因为有个别缸混合气偏稀，所以氧传感器会检测到有过多的氧气，输出混合气过稀的信号，ECU 进行调整后，会造成其他各缸混合气过浓，最终使发动机混合气调节处于紊乱状态。下面通过一个案例来学习喷油器出现故障后对尾气的影响。

【标致 206 排气管冒黑烟且油耗高】

车　　型：标致 206，该车装用 1.4L 发动机，型号为 TU3A。

故障现象：排气管冒黑烟，发动机怠速抖动，易熄火，排气管有不均匀的排气。

读取故障码，显示有氧传感器的故障码。读取数据流，发现进气压力传感器的数据有异常，为 600mbar（1mbar=0.1kPa）。更换新的进气压力传感器后，故障现象没有改变。起动汽车，在热车怠速下测量尾气，结果见右表。

HC（$\times10^{-6}$）	685	CO（%）	8.0
NO_x（$\times10^{-6}$）	31	CO_2（%）	9.34

HC 和 CO 都明显高于正常值，NO_x 不高，标志燃烧质量好坏的 CO_2 也明显偏低，正常值应为 14% ~ 15%，目前为 9.34%，说明此车的燃烧质量很差。HC 和 CO 都明显偏高，分析认为此车为混合气过浓造成的。为了从多角度考虑问题，还用真空枪检测了进气管的真空度，在热车怠速状态下，为 17lbf/in^2（PSI），明显比正常值偏低。对于进气管真空度低，可能有两方面的原因：一是配气正时或气门间隙有问题；二是由燃烧不良引起。先进行简单的排除，检查了气门间隙，发现进气门间隙为 0.25mm 左右，排气门为 0.3mm 左右，实践经验表明，这样的气门间隙正常。



再接上解码器，读取数据流中喷油脉宽的读数，为 5.3ms，明显偏高。用真空枪给进气压力传感器一个模拟信号，可以使喷油脉宽下降到 3.4ms，但发动机排气管仍然有不均匀的排气冲击，发动机的工况没有明显改善。在这种状态下再次测量排气中的成分，发现仍有较高的 CO 和 HC。

再根据排气不均匀的故障现象，怀疑此车的喷油器有滴漏或是喷油量过大。将喷油器拆下

来装到试验台上进行检测，实际油量结果为 1、2、3、4 缸喷油量分别为 52mL、44mL、48mL、47mL，1 缸喷油器的喷油量明显偏高，而 2 缸喷油器的喷油量明显偏低，3、4 缸的喷油量正常，如下图所示。

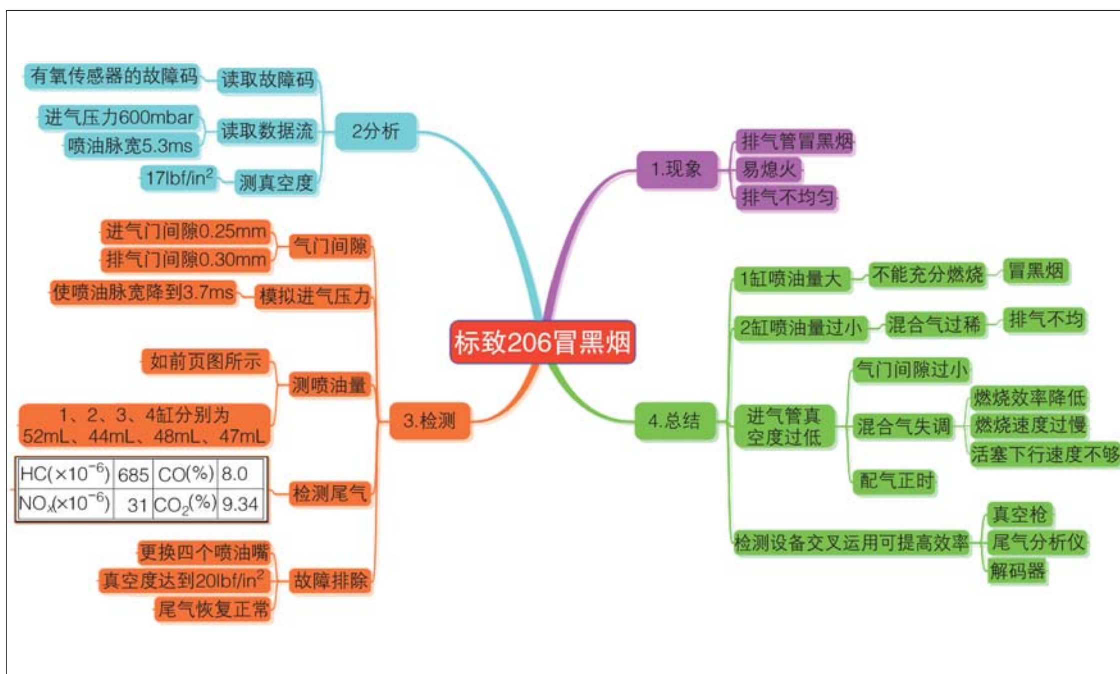
更换 4 个新的喷油器后，发动机工作平稳，排气管不再冒烟，尾气检测也恢复正常。进气管真空度升高到 20lbf/in²（PSI），恢复到正常水平。

总　　结

① 该车故障是由于各缸喷油器的喷油量不均匀造成的，因为 1 缸喷油器喷油量过大，造成汽油中的成分不能充分燃烧，出现排气管冒烟的故障现象。另外，由于 2 缸的喷油量过少，造成该缸的混合气过稀，造成怠速度状态下排气不均匀的故障现象。

② 在该车的故障诊断中，运用了真空枪 + 尾气分析仪 + 解码器进行故障分析，最终锁定了故障。各种测量仪器交叉运用，再加上适当的拆检工作，才有可能实现维修工作的高效率。在现代汽车的故障诊断中，对于维修效率的提高，仪器检测及数据分析是必不可少的一个环节，因为系统越来越复杂，不能单靠经验来工作了。

③ 关于进气管真空度的测量，在一开始时怀疑是因为气门间隙过小引起的真空度下降，经过检查，排除了这方面的可能。此车的进气管真空度过低是因为混合气失调引起的燃烧效率下降，进而影响到进气管真空度。因为混合气失调，使燃烧速度变慢，导致活塞下行速度不够，所以在进气管内形成的真空度就会下降。由此得出结论，进气管真空度是判定发动机工作状态好坏的一个重要参数，而且测量方便，对于故障诊断非常有用。配气相位有问题会导致进气管真空度下降，所有影响燃烧速度的故障，都会引起进气管真空度降低。



4.2.3 活性炭罐系统故障对尾气有什么影响

活性炭罐的作用是吸收和储存来自油箱内的汽油蒸气，在合适的时机送到进气管，让其在发动机内燃烧掉。这样做有两个好处：减少对环境的污染；节省能源。活性炭罐阀本身出现故障，有两种可能：关闭不严和无法打开。当阀关闭不严时，汽油蒸气便不受控制，任意进入进气管，参与燃烧，会造成混合气过浓；而阀无法打开时，从原理上讲，会造成混合气过稀。

如果活性炭罐本身出现故障，则 ECU 监测到后会点亮发动机故障灯，故障有时会表现为起动困难，着车后汽油味较大，尤其是刚加满油或是热车停一段时间后较易出现起动困难。除此之外，还对发动机电控系统产生影响。

2010 年款别克英朗油耗高

车　　型：2010 年款英朗，发动机排量 1.8L，型号 2HO，已经行驶 82000km。

故障现象：车主反映该车在其他修理厂做完保养后出现油耗高现象。当时免拆清洗喷油器与节气门，并且清洗过三元催化转化器。

因为是其他修理厂转过来的车，可能问题比较复杂，油耗高问题涉及的故障原因比较多，如果想确认油耗是否真的高，确认故障是第一步。

接上尾气分析仪测量尾气成分，见下表。

	成分	数据		成分	数据
高怠速	HC（$\times 10^{-6}$）	18	怠速	HC（$\times 10^{-6}$）	16
	CO（%）	0.02		CO（%）	0.00
	NO_x（$\times 10^{-6}$）	0		NO_x（$\times 10^{-6}$）	0
	CO_2（%）	15.26		CO_2（%）	15.24
	λ	1.000		λ	1.000
	O_2（%）	0.00		O_2（%）	0.00

从尾气成分上看，HC 值并不高，CO_2 偏低。因为是从三元催化转化器后面测量到的，所以可能是三元催化转化器起到了催化的作用，影响了检测到的数据。从数据上看，此车发动机有轻微故障，但故障在高怠速时更明显。

接上解码器读取故障码，显示“ 系统正常 ”，无故障码。

数据流中有明显异常的是长期修正，为 -27.84%。将学习值归零后，再试车，很快又达到 -28%。很明显，发动机系统正在努力调稀混合气。这与油耗高故障是有直接联系的。

首先检测汽油压力是否过高。接上汽油压力表，测量汽油压力，显示为 3.5kgf/cm^2，汽油压力正常。怀疑是活性炭罐电磁阀关闭不严，直接对其进行检查，发现可以正常工作。但用示波器观察喷油脉宽波形，发现当把活性炭罐电磁阀的管子堵死后，喷油脉宽恢复正常，解码器中长期修正为 5% 左右。用示波器观察在将炭罐阀气管堵死情况下，怠速时为 2.5~2.6ms，2000r/min 时为 2.2~2.4ms。根据以前的经验，对比其他数据流，没有发现异常。

将活性炭罐管子恢复接上后，喷油脉宽明显变小，同时长期修正也跟着趋向于 -20% 左右。通过以上试验，说明活性炭罐系统可能有问题，造成进入发动机的燃油过多，引起混合气过浓。发动机 ECU 进行调整也不能使之恢复正常，并且超出了正常的控制范围，这一定是造成油耗高的故障原因。将车辆举起，直接检查活性炭罐。

查阅维修手册得知，要拆下此车活性炭罐，需要先把油箱拆下。没有拆下油箱时，在车下能看到炭罐有两根管子：一根是位于上面的波纹管，是通向大气的呼吸管；另一根是通向前面活性炭罐阀的管子，经过检查没有问题。给这根管子吹气时可以从油箱加油口感觉到明显的出气，说明这根管子与油箱的连接是正常的。到底是什么原因造成接上活性炭罐气管后混合气变浓呢？

将车辆举起后，在气油箱右侧找到炭罐，拆下两根管子。把炭罐出口堵死后，吹气，可以从油箱盖处感觉到明显回气，没有发现明显问题。但在全部都装复后，再试车，数据流恢复正常。

将车辆放下后，再次试车，但这次试车时发现长期修正的数据明显变正常了，是 -4.31%。综合以上情况分析，认为是在吹炭罐的管子时，把原来堵塞的到大气呼吸的管子吹通了。为防止故障再次出现，更换一个新的炭罐后，试车，一切正常。交车，交车几天后，打电话回访，确认油耗高故障排除。

总　　结

① 此车的故障原因是活性炭罐通大气的呼吸孔堵塞。活性炭罐阀通电时，从汽油箱中吸汽油蒸气产生的真空，造成大量汽油蒸发，使混合气过浓。疏通堵塞的管路后，故障排除。

② 维修过程中，我们利用长期燃油修正数据确认故障方向，并且通过堵塞真空管的方法进行试验，找到影响长期修正的主要问题——活性炭罐的问题。更换新配件后故障彻底排除。

③ 通过维修此车我们发现，别克车系长期燃油修正数据的变化规律和大众车不一样，此车长期修正变化速度很快，至少 1 次 /s，变化范围与大众车类似，在 ±5% 范围内变化为正常。



4.2.4 点火系统失效对尾气有什么影响

点火系统与混合气控制系统是发动机稳定工作的两个基础条件。由于点火系统高电压的特点，比较容易出现高压漏电现象。点火系统为火花塞提供足够强度的高压电，保证混合气的可靠点燃。如果出现高压漏电，或是在电火花传递过程中，由于有额外的间隙消耗掉一部分点火能量，都会造成点火失败，发动机出现混合气间歇性无法点燃，必然会造成混合气中 HC 无法点燃直接排出，同时氧气也会直接排出。

【别克君威发动机缺缸】

车　　型：别克君威，发动机排量 3.0L，已经行驶 38 万 km。

故障现象：该车车主反映说，发动机有时缺火。经过试车，没有发现明显的缺火现象。接上解码器读取故障码，发现有一个“多缸缺火”的故障码。但具体是哪一个缸缺火，没有明确的说明。

于是对该车进行尾气检测，以确定缺火的原因是混合气问题还是点火系统的问题。用双怠速法测量尾气，结果如下表所示。

高怠速	HC（$\times10^{-6}$）	000	怠速	HC（$\times10^{-6}$）	10
	NO_x（$\times10^{-6}$）	117		NO_x（$\times10^{-6}$）	30
	λ	1.000		λ	0.998
	CO（%）	0.01		CO（%）	0.09
	CO_2（%）	14.76		CO_2（%）	14.67

从上述数据上看，尾气成分基本正常，没有明显的问题。观察发动机的工作状态，怠速运转平稳，也就是说这时的发动机并没有故障表现，在怠速状态下运行时间稍微一长，发现排气管开始出现不均匀排气，发动机开始抖动，开始出现缺缸现象，再次检测尾气，各种数据见下表。

HC（$\times10^{-6}$）	1106
NO_x（$\times10^{-6}$）	30
λ	1.920
CO（%）	1.30
CO_2（%）	13.43

数据表明，该车的故障可能是点火系统故障引起的，因为 HC 的升高很明显，λ 混合气修正系数变成 1.920，说明混合气也明显变稀，这说明因为某一个缸不点火，造成没有燃烧的汽油直接排到排气管中，使 HC 升高。同时因为没有燃烧，所以该缸的氧气也排到排气管中，又造成混合气修正系数 λ 明显大于 1，变成了 1.920。

接上解码器，观察数据流中的缺火记录，发现 5 缸的缺火记录明显增多，而其他各缸的失火记录始终为 0，由此判定，5 缸的点火系统出现故障。用万用表检测高压线电阻，发现 5 缸高压线电阻值为无穷大，已经断路。更换一套新高压线后，发动机缺缸的故障现象排除。

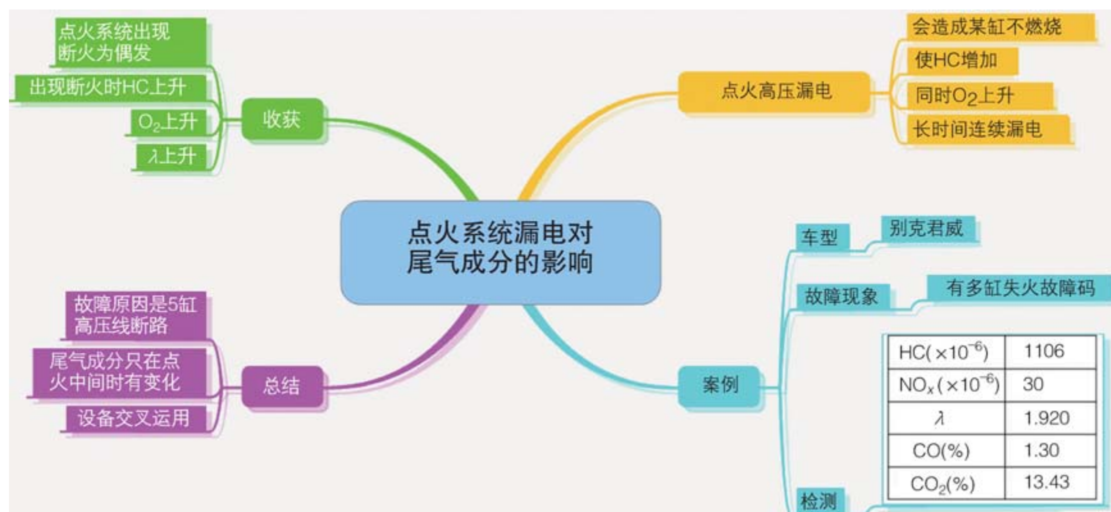
总　　结

① 此车故障是由于 5 缸的高压线断路，引起该缸点火线圈产生的高压火无法顺利传递给火花塞。猜想断路产生的时间并不长，并且高压线内部断路部分的间隙比较小，一些工况下高压火还可以跳过，勉强给火花塞点火，但已经不太可靠，所以形成上述的故障现象。

该车的点火形式为 DIS，一根高压线断路，会影响到两个缸的点火，所以尾气中 HC 含量的升高值相当于两个缸的喷油未经燃烧所产生的排放。对于混合气修正系数 λ 值的升高影响是同样的，两个气缸中的氧气也是直接排到排气中。

② 在应用尾气分析时，对于一些偶发性的故障，要结合实际产生的条件进行试车，并且要结合实际的故障现象发生规律进行检测，再进行分析对比，才能得出正确的结果。对于点火系统来说，它出现高压漏电时往往是瞬间不工作。并且有一个特点，就是在加大发动机负荷时，故障现象比较容易显现出来，而空车无负荷运转时，故障现象往往不易出现，所以当时的尾气成分也不会有明显异常。针对这样的故障特点，我们就是想办法让故障出现，才能提高诊断效率。

③ 要结合应用各种仪器，如解码器、万用表等，才能更进一步地提高诊断效率，提高诊断的准确性，从而达到节省客户及我们自己的宝贵时间。

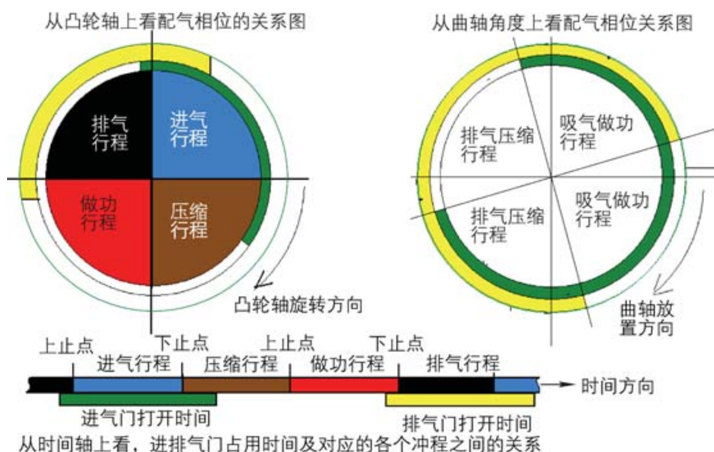


4.2.5 可变配气相位系统失效对尾气有什么影响

发动机高速运转时，进气和排气流速非常快。为了提高气缸的充气效率，要求进气门提前打开，滞后关闭，充分利用气体的惯性，提高发动机充气量，提高燃烧质量。对于排气门也是这样，提前打开是为了尽量延长排气行程的时间，滞后关闭是为了充分利用排气气流的惯性，尽可能地使废气排出。

气门提前打开和滞后关闭的量与发动机转速和负荷都紧密相关。由于技术比较复杂，早期的发动机无法实现完美的控制，只能采取折中的方法，在设计发动机时，提前给配气相位设计成固定的量，这样的发动机只能在某一转速、负荷区域燃烧质量表现比较好。真实的行车情况非常复杂，利用发动机电子控制实现可变配气相位控制，可以有效提高充气效率，使发动机在全部工况中进气、排气充分，最终得到高质量的燃烧效果。

除了配气相位可以根据需要进行连续调整之外，一些公司采用了可变气门升程，这样就使得气缸的换气效率进一步改善，实现更好的燃烧质量。下图是分别从曲轴和凸轮轴的前端看过去，在整个圆周方向上，进气门和排气门打开或关闭所占用的曲轴转角和凸轮轴转角。



从时间轴上看，进排气门占用时间及对应的各个冲程之间的关系

对于固定配气相位的发动机，引起配气相位改变有两种可能：一种是正时机构出现故障；另一种是气门间隙变化。而气门间隙的变化除了影响配气相位以外，还会影响气门升程，进而影响气缸的充气和换气效率。

对于可变配气相位和气门升程可变的发动机，一般都设计成低速状态下，配气相位和升程系统不参与调节。因为低速时发动机每一个行程的工作时间较长，吸气和排气在时间上是相对充足的。而当发动机转速上升后，在中高速时，由于每一个行程所经历的时间变短，采取调节配气相位和增加气门升程的方法就可以有效提高发动机的充气和排气效率。不同汽车生产公司采取不同的策略，有的公司还将气门升程设计成分级可调式的。



4.2.6 汽油压力异常对尾气有什么影响

汽油压力异常会对尾气造成一定影响。发动机电控系统对混合气的控制是建立在汽油压力稳定在一定范围内的基础上实现的，在此基础上控制喷油器的打开时间，就能控制喷油量。如果汽油压力异常，则在相同的时间内，喷入缸内的汽油量就会有偏差，也必然会引起混合气偏浓或偏稀。如果汽油压力过高，则会引起混合气过浓，汽油压力过低，则会引起混合气偏稀。这仅是一个大致的方向，如果把发动机 ECU 的闭环调节以及空燃比的长短修正因素考虑进去的话，问题就比较复杂了。

汽油压力变低一般是“渐进性”的，很少有突发性的汽油压力突然为 0。当汽油压力刚开始低于额定压力时，一般不会有明显的故障表现，甚至没有故障码。但实质性的问题已经形成，有时会出现冷车起动困难。因为冷车起动时，发动机处于开环控制，此时的实际喷油量会因汽油压力变低而偏少，出现起动时间长甚至起动困难故障。下面通过汽油压力变低后引起冷车起动困难的案例，来说明尾气分析在检测此类故障中起到的作用。

2012 年款雪佛兰赛欧冷车起动困难

车　　型：2012 年款雪佛兰赛欧，发动机排量 1.6L，16 气门，已经行驶 5 万 km。

故障现象：冷车起动困难，一般要起动 2~4 次才能着车。该车在其他修理厂已经做过基本保养，但故障现象没有排除。

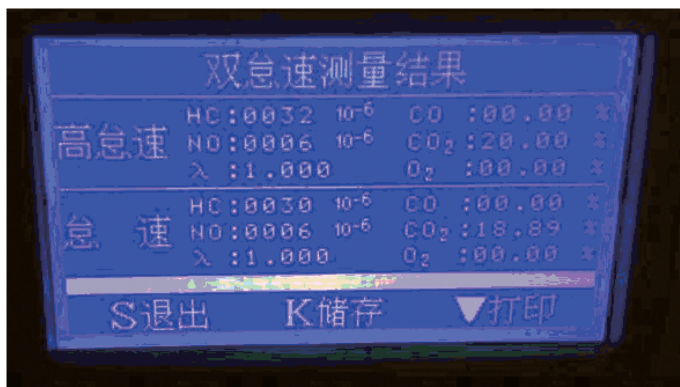
用解码器检测无故障码。

我们怀疑是混合气调节方面的故障。首先进行解码器数据流检测，重点观察长期燃油修正方面的问题。发动机热车后，试车，长期修正在 5%~9% 之间变化，始终为正数，有时能达到 25%，短期修正不断在正负方向上变化。试车的感觉是此车动力没有明显异常。此车长期修正数据在行车过程中，以 1 次 /s 的频率变化，与大众车不一样，变化速度比较快。

进行基础检测，测量汽油压力，在着车状态下为 3bar，急加速不变化，将发动机熄火，静置 30min 后，发现压力逐渐降低到了 2.0bar。放置一夜后再观察汽油压力，最终保持在 1.0bar 左右不再下降。

第二天早上起动车辆并观察汽油压力变化，发现第一次起动时，压力只有轻微上升，仅能达到 2.0bar，再次起动时达到了 3.0bar，再起动一次压力没有变化，勉强着车。根据资料，得知此车的汽油压力应该为 4.0bar 左右，检测结果说明此车汽油压力偏低。

检测尾气数据，如下图所示。



从上图数据分析，排放基本正常，并且 3 种有害气体含量很低，尤其是 CO，为 0.00，此数据有些偏低，应该至少为 0.01% 才正常？说明有可能该车存在混合气过稀故障。

更换新汽油泵后，汽油压力升到 3.6bar，恢复正常。此车调压阀上有 3.8bar 的字样，说明标准压力应该就是 3.8bar。实际测压力在 3.6bar，比原来升高了 0.6bar，确认原车的汽油泵是有故障的，之所以是 3.6bar 而不是 3.8bar，可能是压力表的误差。更换火花塞，放置一夜。测量尾气，结果如上图所示。

第二天早上，进行冷车起动试验，着车前观察到汽油保持压力始终在 2.0bar，在起动瞬间，上升到 3.6bar，发动机一次性顺利着车，说明故障排除。

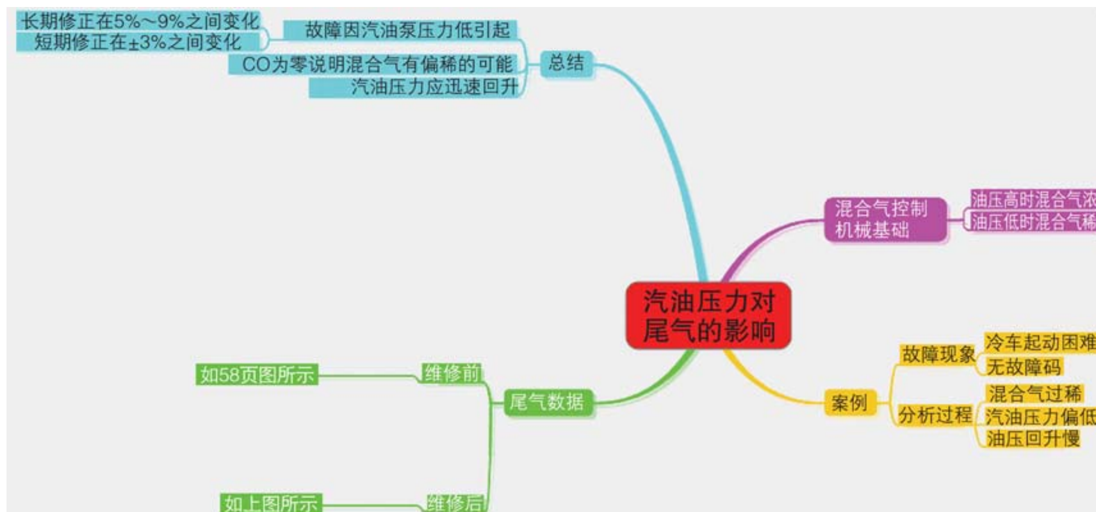
用解码器检测时，发现在雪佛兰车系中没有合适的菜单。进入系统以后，数据显示都不准确。后来用 X300 解码器选 OBD 后进入，可以看到正确的数据流。

总　　结

① 此车故障是由汽油压力低引起的。汽油压力低造成冷车起动时混合气偏稀，而热车后因为发动机电控系统的混合气闭环调节和自学习功能的补偿作用，弥补了汽油压力低引起的混合气偏稀的故障现象，造成系统无故障码。但我们通过解码器的数据流功能，已经发现了长期修正在混合气调节方向上的偏差。正常情况下，长期修正也应该在 ±5% 范围内变化。

② 如果尾气中 CO 在高怠速和怠速状态下都是 0.0，则说明混合气有过稀的可能。维修后的数据验证了这一猜想。

③ 汽油保持压力在熄火后允许有一定的下降。为了保证冷车起动顺利，除了要有保持压力外，还要求油泵能快速建立正常油压。



4.3 分析与排放有关的机械故障

4.3.1 机械系统老化对尾气有什么影响

发动机机械系统老化，会造成活塞环密封不严，进而造成“烧机油”故障。机油参与燃烧会形成较多积炭，覆盖在三元催化转化器表面，影响三元催化转化器的工作，进一步造成排放升高。最主要的问题还是机械系统老化以后，会造成压缩比下降，严重降低发动机的燃烧质量，造成排放中有害气体升高，即使正常的三元催化转化器也不能实现排气净化，这样的发动机排放一定会超过国家标准。这时只有对发动机机械系统进行大修，为发动机燃烧建立良好的机械基础，才有可能使尾气排放达到国家标准。

【捷达尾气超标】

车　　型：2000 年款捷达，已经行驶 20 万 km。

故障现象：尾气超标，尤其是高怠速时的 CO 和 HC，但该值在怠速状态下可以通过。

此车的正常保养都已经做完，并检查过节气门、喷油器以及高压线及火花塞。尾气稍微超标，并不严重。用解码器检测，有一个怠速开关没有闭合的故障码，没有其他故障，分析认为此故障与尾气关系不大，属于该车常见故障，故没有处理。

实际数据见下表。

高怠速	维修前	维修后	怠速	维修前	维修后
HC（$\times10^{-6}$）	109（限值 100）	5	HC（$\times10^{-6}$）	89（限值 150）	0
CO（%）	0.5（限值 0.3）	0.0	CO（%）	0.10（限值 0.8）	0.0
NO_x（$\times10^{-6}$）	476	110	NO_x（$\times10^{-6}$）	88	26
CO_2（%）	14.46	14.69	CO_2（%）	14.82	14.23
O_2（%）	0.0	0.0	O_2（%）	0.0	0.0
λ	0.98	1.000	λ	0.995	1.000

结合上述数据，高怠速状态下 CO 严重超标，过量空气系数 λ 表明混合气过浓，CO_2 表明燃烧质量差。进一步对发动机工作状态进行检查，发现猛踩加速踏板，当发动机转速达到 3500r/min 时，排气管中冒出明显的蓝烟，说明此车“烧机油”严重。与车主沟通后，对发动机进行了大修。

大修过程中顺便检查了三元催化转化器。拆下三元催化转化器后，发现有一半已经堵塞。用专用的清洗剂清洗后，仍有部分堵塞，后用专用设备进行清洗，再用专用药液进行喷涂处理后，装复。

拆检发现，汽油压力调节阀确实有些脏，清洗干净后，装汽油压力表，测量汽油压力，在正常范围内，怠速状态下为 2.5bar，急加速时可以达到 3.0bar，并且变化顺畅，说明汽油系统工作正常。

清除故障码，试车，回厂后再次检测尾气，数据见上表。

上述数据表明，发动机排放合格，尾气超标故障排除。去检测线检车，一次性通过。

总　　结

① 发动机机械是燃烧的基础，电控燃油喷射系统只有建立在正常燃烧的基础上，才能实现可控调节。没有良好的机械压缩基础，仅靠电控系统，无法完成对燃烧质量的有效控制。

② 在此车维修好以后，用红外线测温仪测量三元催化转化器进入口与出口的温差。在发动机刚熄火时，出口比进口高 30°C左右，说明三元催化转化器起了作用。在以后维修中可以利用此方法来快速验证三元催化转化器工作的好坏。

③ 三元催化器的催化能力是有限的，正常的发动机排放中，超过以下限值，仅靠三元催化器转化是无法使尾气排放达标的：2500r/min 时 CO ：0.8%，HC ：200%，NO ：100×10^{-6}。

换句话说，当排放超过上述标准时，即使三元催化工作正常，最终的排放仍将超标。（上述数据为经验值，仅供参考。）



4.3.2　气门间隙过小对尾气成分的影响

在间接测量进气量的电控燃油喷射系统中，进气压力传感器将进气管真空度转变成电压信号，送给 ECU。ECU 利用此信号间接计算出进气量，再根据进气量计算出相应的喷油量。当发动机出现机械故障时，会造成燃烧速度变慢，影响处于做功行程的气缸活塞下行的速度，作用于曲轴上的力会减少，这样通过曲轴传递给其他气缸连杆的运行速度会降低，进而影响处于进气行程的气缸的吸气速率，造成平均进气压力升高。这种变化会使进气压力传感器信号电压升高，发动机 ECU 误认为是负荷增加，必然会增加喷油量。喷油量的增加使混合气变浓，进一步降低燃烧速度，如此恶性循环，最终造成更为严重的混合气过浓问题，这也是间接测量进气系统的一个通病。因为这种系统并不是直接测量进气量，所以从设计上就埋下了病因。这是典型的进气压力型电控系统中常见的问题，下面我们通过一个案例进一步学习相关知识。

【北斗星溜车易熄火】

车　　型：北斗星，1.0L 发动机，采用联合电子控制系统。

故障现象：溜车易熄火，即使不熄火，怠速也明显低一下，低到发动机难以维持运转，将要熄火。

以上故障现象，结合以前经验分析，认为在急减速时怠速下跌是混合气过浓引起的，因为在急减速时，进气量突然变小，发动机 ECU 本应启动减速断油程序。如果由于平时混合气过浓，即使在减速瞬间启动了减速断油，往往也会因为较浓的混合气在进气系统中积累，造成混合气过浓，而引起怠速下跌甚至熄火，那是不是混合气过浓呢？我们接上尾气分析仪，对尾气用双怠速法进行了检测，结果见下表。

表中数据验证了我们的猜测，混合气确实过浓。尤其是怠速状态下，HC 远高于正常值，CO 远高于正常值，过量空气系数低于 1.0。这三个数据都表明混合气确实过浓。

接上解码器检测，无故障码，但测量数据流，有两个数据有些异常，进气压力明显比正常值高，还有就是怠速电动机的步数也稍高。结合以前的经验，分析认为可能是机械问题引起，检查气门间隙，发现 1、4 缸排气门间隙过小，为 0.1mm，将其调整为 0.3mm 后，再次测量数据流，见下表。

项目	维修前	维修后	项目	维修前	维修后
转速 /（r/min）	880	880	进气压力 /kPa	44.9	31.0
冷却液温度 /℃	92	88	喷油修正	0.18	0.01
进气温度 /℃	60		怠速空气控制	79~82step	55step
喷油 /ms	3.9	3.1	氧传感器 /mV	114~880	119~900

从以上数据上看，进气压力数据明显好转，怠速空气控制也明显下降，各项数据都恢复正常。再次测量尾气成分，见下表。

	成分	维修前	维修后		成分	维修前	维修后
高怠速	HC（$\times10^{-6}$）	603	0	怠速	HC（$\times10^{-6}$）	2995	0
	CO（%）	1.51	0.06		CO（%）	1.48	0.01
	NO_x（$\times10^{-6}$）	538	3		NO_x（$\times10^{-6}$）	411	1
	CO_2（%）	14.04	19.42		CO_2（%）	11.32	17.86
	λ	0.940	1.000		λ	0.951	1.000
	O_2（%）	0.00	0.00		O_2（%）	2.44	0

从表中可以看到，各项数据明显好转。经过试车，溜车易熄火的故障现象已经排除。结合数据的测量结果，确定此车故障排除。

总　结

① 此车故障是由气门间隙过小引起的。因为气门间隙过小，影响排气效率，引起发动机燃烧不良，使进气压力上升。发动机 ECU 根据进气压力控制喷油量，误认为是负荷上升，所以增加喷油量，最终造成混合气过浓。

② 长时间混合气过浓，形成较多积炭，在溜车状态下，急减速时，进气管真空度上升，进气道中积炭吸附的汽油析出，造成混合气过浓而熄火或是怠速超出调整范围，造成上述故障现象。

③ 对于进气压力型的电控发动机，这种故障是有代表性的故障，只不过有时反映出来的是油耗高，而此车表现出的故障现象是溜车熄火。这两种故障是有内在联系的。

④ 由尾气分析仪的检测数据上可以明显看出，故障维修后，HC 和 CO 明显下降，从 CO_2 值上也可以看出，故障维修前后有明显变化，由原来的 11.32% 变成了现在的 17.86%。在此案例中，尾气分析仪可以让我们很好地看到故障排除前后发动机燃烧状态的变化，值得推广。



4.3.3 配气相位错误对尾气有什么影响

车　　型：1998 年款富康 988，已经行驶 25 万 km。

故障现象：排气管冒黑烟，加速迟钝，油耗增加，将发动机加速踏板踩到底，只能达到 3000r/min，并且排气中有浓重的汽油味。此车在其他修理厂维修多次，更换过很多配件，包括发动机 ECU 及进气压力传感器等，最终没有任何效果。

我们接手后，用解码器进行检测，没有发现故障码。实际路试，最高车速仅能达到 60km/h。用尾气分析仪检测尾气，实际数据见下表。

HC	1258×10^{-6}	CO	1.8%
NO_x	135×10^{-6}	CO_2	10.01%
λ	0.780	O_2	0.00%

结合表中的数据以及故障现象分析，认为此车混合气过浓。检测汽油压力，为 2.4bar，急加速时为 3.0bar。检测发动机进气管真空度为 56kPa，并且表针摆动不定，低于标准真空度（60~70kPa）。分析认为，进气管真空度低的原因是发动机混合气过浓，使得燃烧速度变慢，造成进气管真空度变低。那到底是什么原因引起的混合气浓呢？我们接着检测。

将各缸喷油器拆下，装到实验台上进行检测，结果喷油器雾化效果正常，喷油量也正常，用点火正时枪检测点火提前角，为 7℃A，也在正常范围内，检测气缸压力，为 11bar，在正常范围内。

接着进行机械正时的检查，将发动机熄火，拆下正时罩后，挂档推动车辆，靠轮胎驱动传动轴，通过传动轴带动变速器转动，最终使发动机旋转，以检查发动机配气正时记号，当曲轴带轮与正时记号对正后，凸轮轴齿轮上的正时记号与正时记号之间错开了两个齿，确认是凸轮轴齿轮提前了两个齿，这应该是一个明显的故障原因。很有可能该车故障就是正时错误导致的。

那是什么原因造成正时带错齿呢？我们在维修过程中，发现该车正时带并不松。拆下正时罩下壳后，发现里面有一个钢珠。由此推断，可能是在发动机运行过程中，钢珠掉进来后，在正时带高速转动时，钢珠卡在传动带与带轮之间，皮带跳齿，造成正时齿带与正时齿轮之间产生错位，将正时重新调整好后，起动发动机，此时发动机运行平稳，并且排气味恢复正常，用尾气分析仪再次检测，数据见下表。

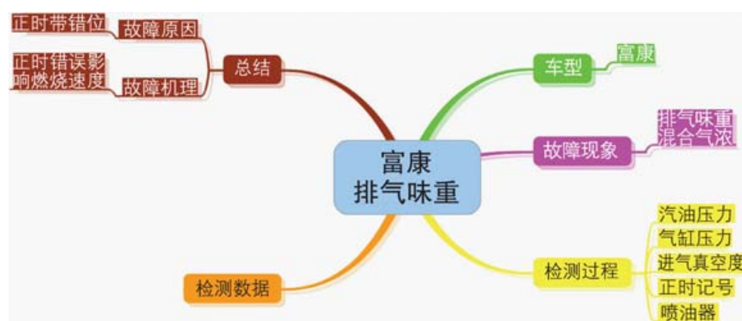
HC	81×10^{-6}	CO	0.21%
NO_x	63×10^{-6}	CO_2	16.9%
λ	0.999	O_2	0.01%

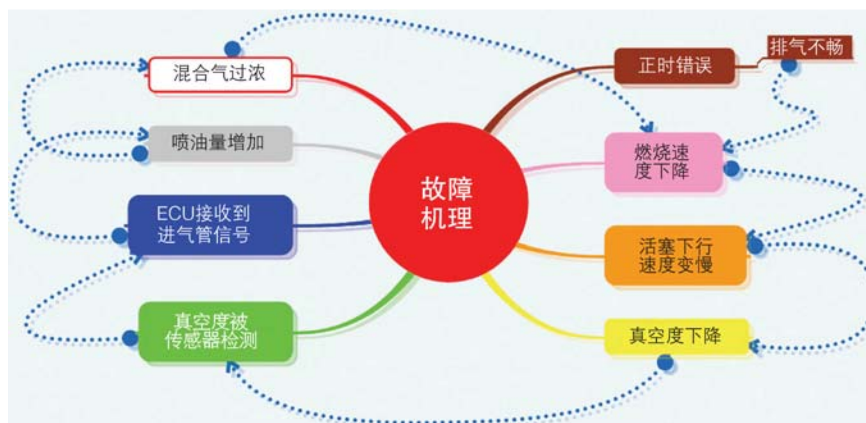
起动车后在原地踩加速踏板，发动机转速可轻松超过 5000r/min 以上；试车，最高车速可以达到 120km/h 以上，故障排除。

总 结

① 此车故障是机械正时错位引起的。正时错位是有异物进入正时罩导致的。将正时调整正确后，发动机燃烧恢复正常，尾气排放恢复正常。

② 为什么正时错误会引起混合气浓呢？这是采用进气压力传感器间接检测进气量的电控发动机的一个通病，因为正时错位后，造成排气门提前关闭，使排气不充分，混合气燃烧速度变慢，进而使得做功效率降低，又因为活塞下行速度不足，引起进气行程中形成的进气管真空度下降，进气压力传感器输出电压升高，造成发动机 ECU 误认为是负荷增加，增加喷油量，使燃烧质量进一步恶化，形成上述混合气过浓故障。





4.3.4 进气系统漏气对尾气有何影响

采用空气流量计测量进气量的电控系统，如果在空气流量计后方存在漏气，则会有一部分空气未经计量进入发动机燃烧室，而 ECU 根据这个空气流量计信号计算喷油量时，一定会使喷油量偏少，造成混合气过稀故障。以上只是理论分析，实际情况是什么样的呢？我们通过下面的案例来学习一下，空气流量计后方漏气对尾气成分到底有什么影响。

马自达 323 发动机故障灯亮

车　　型：2006 年款海南马自达 323，HMC7161，发动机排量 1.6L，已经行驶 12 万 km，发动机电控系统为马自达系统。

故障现象：发动机故障灯亮，怠速时发动机轻微抖动。

用解码器检测，故障码为 P0171，解释为混合气过稀。进入数据流功能，读取氧传感器的数据流，发动机热车怠速状态下，空气流量计信号电压为 1.15~1.17V，喷油脉宽为 2.81~2.88ms，怠速空气控制为 40.40%，前氧传感器 0.02V，后氧传感器 0.01V，在怠速状态下均不变化，从前后氧传感器数据上看，混合气均处于稀的状态。如果猛踩加速踏板，则氧传感器信号电压瞬间可以上升到 0.9V。从进气口喷入化油器清洗剂，可以看到，氧传感器信号电压上升到 0.9V。由此可知氧传感器没有损坏，可以检测到混合气的浓稀变化，该车确实在怠速状态下混合气过稀。

观察发动机排气管的排气状态，有不均匀的排气。检测尾气状态，见下表。

	成分	数据		成分	数据
高怠速	HC（$\times10^{-6}$）	0	怠速	HC（$\times10^{-6}$）	0
	NO_x（$\times10^{-6}$）	25		NO_x（$\times10^{-6}$）	105
	λ	1.000		λ	1.032
	CO（%）	0.0		CO（%）	0.0
	CO_2（%）	15.37		CO_2（%）	13.07
	O_2（%）	0.00		O_2（%）	0.54

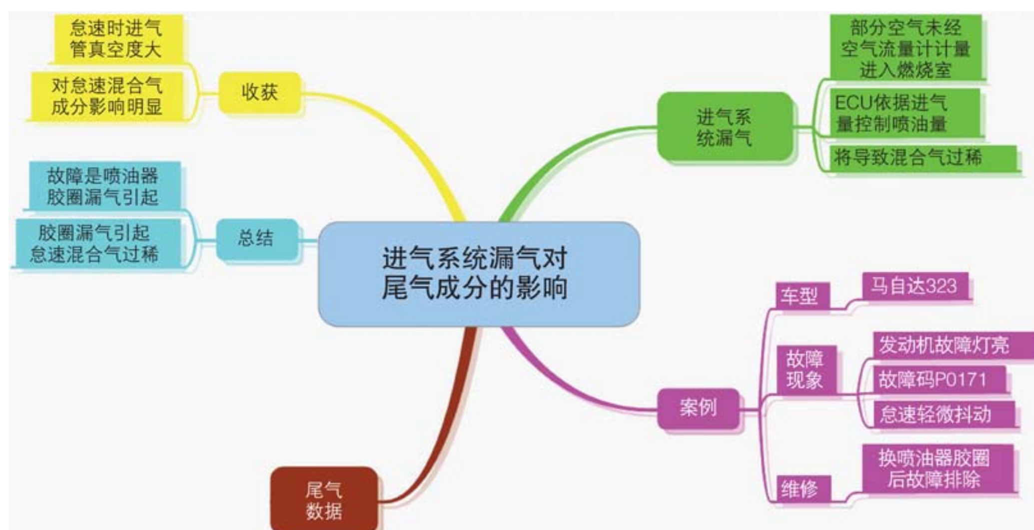
其中重要的一项为怠速时 O_2 不为 0.00，而是 0.54%。

该车装用的是马自达电喷系统，有空气流量计，所以怀疑是空气流量计损坏或是在空气流量计后方有未经计量的空气进入发动机造成混合气过稀。经过检查，发现气门室盖与进气软管连接的胶管接头漏气。经过处理后，发动机状态没有好转。再进一步检查，发现 3 缸喷油器胶圈漏气。喷化油器清洗剂后，发动机工作恢复平稳。更换一个新胶圈后，再检测数据流：空气流量计为 1.22V，稳定不变化，前氧传感器开始在 0.1~0.8V 之间变化，怠速时的空气量变成 42.26%。再进行尾气检测，怠速状态下为：HC，159$\times10^{-6}$；CO，0.25%；NO_x，60$\times10^{-6}$；λ，0.990；O_2，0.00 氧气浓度、混合比也恢复正常。

发动机排气均匀，试车，发动机故障灯也不亮了，故障排除。

总　　结

此车故障是喷油器胶圈漏气造成一部分进入发动机的空气未经空气流量计计量，使发动机混合气过稀，尤其是 3 缸工作不稳定，点亮故障灯，进而形成上述故障。



4.3.5 排气管漏气对尾气成分的影响

排气系统漏气会对排气的气体成分产生影响。正常情况下检测尾气时，要求排气系统无泄漏。而实际车辆使用过程中，排气管漏气是一种比较常见的现象。如果排气系统漏气明显，则比较容易检查出来。如果排气系统有轻微漏气，则可能不易察觉，但对尾气成分是有影响的。遇到此类问题，我们不要盲目认为是发动机燃烧系统出现故障，很容易造成误判。下面的案例可以让我们了解排气管漏气对尾气成分的影响。

比亚迪 F0 “λ” 超标

车　　型：比亚迪 F0，发动机排量：1.0L，已经行驶 4 万 km。

故障现象：尾气超标，实际数据如下表维修前一列所示，主要是 λ 值太高，高怠速及低怠速时的 HC、CO 都正常，并且极低。

检测数据见下表。

	成分	维修前	换火花塞	焊排气管		成分	维修前	换火花塞	焊排气管
高怠速	HC（$\times10^{-6}$）	7	8	0	怠速	HC（$\times10^{-6}$）	0	0	6
	CO（%）	0	0	0		CO（%）	0.00	0.00	0.00
	NO_x（$\times10^{-6}$）	0	2	12		NO_x（$\times10^{-6}$）	1	1	2
	CO_2（%）	14.77	14.03	16.13		CO_2（%）	13.20	13.51	15.97
	λ	1.065	1.043	1.020		λ	1.181	1.095	1.000
	O_2（%）	1.34	0.81	0.42		O_2（%）	3.37	1.79	0.00

故障分析：此车的排气成分中，只有过量空气系数 λ 超标。正常情况下，该值应为 0.97~1.03，而此车达到了 1.065，说明空燃比过稀。另外也可以在排气中的氧气成分上看出问题，正常车多数为 0，而此车在高怠速时为 1.34%，怠速时为 3.37%。有可能是排气管存在泄漏或是火花塞点火不良，或是混合气过稀。

用解码器读取故障码，显示“系统正常，无故障码”，可以初步排除混合气过稀现象的存在。拆检火花塞，发现火花塞有轻微的积炭，因为火花塞很难用仪器或肉眼检查出故障，所以采用更换新件的办法——更换三只新火花塞，再进行尾气检测，如上表所示，λ 值及氧气的成分都有所好转，但仍不能通过国家检测标准。

将车辆举起检查排气管时，发现前消声器的前端连接管有明显的漏气。用气焊补焊后，再次检测尾气，如上表所示。从数据上看，λ 恢复正常状态，符合国家标准。去检测站验车，顺利通过。

总　　结

① 此车 λ 值过高故障主要是因为排气管有漏气。

② 具体分析过程：此车故障表现为 λ 值过高，可能是混合气过稀或排气管漏气造成的。混合气过稀比较容易理解，排气管漏气为什么会造成 λ 值过高呢？排气系统的压力高于外界大气压力，即使排气管漏气，也是排气管中的尾气成分向外泄漏，而不会引起排气管外的空气进入排气管中，其实不是这样的。

在发动机排气管中，排出的气体高速流出排气系统，气体是有质量的，在其流动时就产生了惯性，发动机排气的尾气是间歇性的，即排气门关闭瞬间，排气停止。这样在整个排气管中会形成一个瞬间低压，低于外界的大气压，此时当排气管中某一中间部位漏气时，就会吸进一部分空气，空气中的氧气与发动机的尾气一起排出排气管出口，尾气分析仪检测到以后，就会误认为是燃烧排出的氧气，从而引起 λ 的计算误差，形成上述故障。

如果将上述的情况从思维上加以拓展，排气管漏气部位产生在前氧传感器以前，就影响到氧传感器的工作状态，将外部漏进排气管中的氧气误判为燃烧后的氧气，向发动机 ECU 发送混合气管稀的信号，进而对整个电控发动机的空燃比闭环调节产生影响，最终使混合气过浓，产生故障。



学习三元催化转化器相关知识（机外净化） 5

5.1 用五刀法学习三元催化转化器知识

1. 三元催化转化器的作用

（1）三元催化转化器工作的外部基础条件

① 工作温度：正常工作温度为 300~850℃，最佳工作温度为 400~600℃。对于点燃式发动机，除刚起动时外，多数常用工况都在 400~600℃范围内。

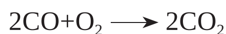


② 对空燃比的要求：在空燃比 A/F=（14.7±0.3）范围内，即空燃比在理论值附近时，其氧化还原反应效果最好。当 A/F 大于 14.7 时混合气变稀，CO 和 HC 的变化不大，但 NO_x 的转化效率急剧下降。正因如此，ECU 需要利用氧传感器信号对混合气浓度进行精确的闭环控制。

（2）化学原理

三元催化转化器的工作原理是利用铂、铑、钯稀有金属的催化性能，把排气中的有害成分 CO、HC 和 NO_x 进行氧化和还原，催化成无害气体，最大限度地减少发动机有害气体的排放。

氧化反应：

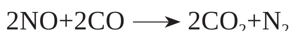


$$2CO+O_2 \longrightarrow 2CO_2$$



$$4HC+5O_2 \longrightarrow 4CO_2+2H_2O$$

还原反应：



$$2NO+2CO \longrightarrow 2CO_2+N_2$$



$$10NO+4HC \longrightarrow 5N_2+4CO_2+2H_2O$$

正常情况下，发动机混合气在理论控制范围内，混合气是以闭环状态控制，所排出的有害气体经过三元催化转化器处理后，排放有害气体非常少。不会对环境造成严重的污染。而当发动机混合气控制系统出现故障时，所产生的有害气体至少是正常时的几十倍，仅靠三元催化转化器的作用是没有办法有效降低有害气体排放的。同时，高温也很容易烧坏三元催化转化器，从而更加剧了有害气体的排放。

2. 三元催化转化器的工作原理

发动机的主要作用是把汽油的热能通过燃烧转变成机械能驱动车辆行驶，站在这个角度讲，发动机可以说是汽车的胃，它将生物化学能转变成机械能。那么，三元催化转化器算是汽车的什么器官呢？

三元催化转化器相当于汽车的肠道，它将排出的气体进一步净化，吸收，再排到外面。它是工作在正常燃烧的基础上的，也就是说，发动机的燃烧质量是汽车尾气的主要净化装置，而三元催化转化器则是辅助净化装置。在理论空燃比附近三元催化转化器才能有效工作。前者属于机内净化，后者属于机外净化。这件事与人得了胃病会拉稀是一个道理。得了胃病要治胃而不是肠道。

三元催化转化器的作用是在发动机混合气正常控制燃烧良好的基础上降低有害气体的排放。它本身与发动机混合气调节没有关系，仅仅起到处理排放气体的作用。只有发动机控制系统正常，才能保证三元催化转化器净化有害气体的效果。

3. 三元催化转化器损坏的故障现象



4. 三元催化转化器损坏的原因



5. 三元催化转化器的故障诊断方法

三元催化转化器出现故障时的诊断方法有很多，经过归纳，我们将三元催化转化器的诊断分为 4 大类 17 种方法。4 大类方法分别是：

第一类（方法 1~3）：外观检查和替换诊断法。

第二类（方法 4~7）：尾气净化性能分析法。

第三类（方法 8~11）：堵塞判断法。

第四类（方法 12~17）：解码器检测分析法。

具体的 17 种方法见 5.2 节 ~5.5 节。

本节总结



5.2 用外观法和替换法诊断三元催化转化器（方法 1~ 方法 3）

方法 1 外观检查法

通常三元催化转化器损坏常见原因之一就是陶瓷载体破碎，因为三元催化转化器安装在排气管中，有些车型设计在车底最低处，行驶中易受到外力冲击而损坏，这时往往是先产生了异响，在寻找异响时，振动排气管就能听到其内部碎块发出响声。遇到这种情况，只能更换新的三元催化转化器才能解决。

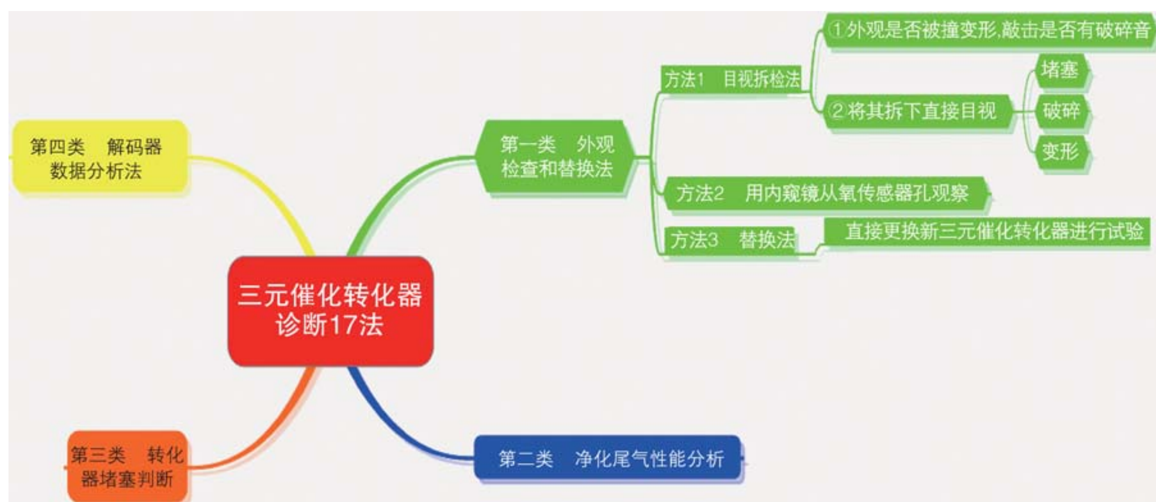
对有些车型来说，拆装三元催化转化器很方便。因此可以直接将三元催化转化器拆下后，进行目视检查，如果发现有堵塞，则对其进行维修或更换。

方法 2 内窥镜观察法

对有些车型来说，拆下三元催化转化器有些困难，可以将前氧传感器拆下后，用内窥镜伸入氧传感器安装孔进行观察，如果有堵塞，则再进一步拆下维修。在实际操作中要注意，所有的内窥镜的镜头都不能耐受高温，必须等三元催化转化器温度下降后再进行操作，以避免损坏内窥镜！

方法 3 替换法

替换法比较简单，当我们看到三元催化转化器外观已经有高温变蓝的颜色时，说明三元催化转化器已经失效。直接更换新的三元催化转化器后，再用尾气分析仪进行效果确认即可。使用这种方法要注意的是，一定要找到三元催化转化器高温的根本原因并解决，才能保证新换上去的三元催化转化器的使用寿命；否则三元催化转化器会再次损坏。



5.3 用净化性能分析法诊断三元催化转化器（方法 4~ 方法 7）

方法 4 示波器测量氧传感器波形对比法

如果发动机前、后氧传感器都是 4 线氧传感器，则可以用该方法进行检测分析。正常情况下，发动机燃烧后排出的废气先经过前氧传感器，前氧传感器会输出幅度为 0.1~0.9V 的电压，后氧传感所接触的废气是经过三元催化转化器净化后的尾气，它的信号电压变化幅度较小，应该为 0.4~0.7V。如果三元催化转化器工作良好，则后氧传感器与前氧传感器的信号电压波形频率上近似，但幅度明显低；反之，如果前、后氧传感器波形幅度接近，都在 0.1~0.9V 之间变化，说明三元催化转化器已经失去净化尾气的效果而损坏。

方法 5 尾气成分分析法

发动机混合气的控制正常，燃烧良好，其尾气经过三元催化转化器的催化作用，用尾气分析仪进行双怠速法检测时，数据粗略范围（高怠速和怠速）应该是：CO 小于 0.3%，HC 小于 100×10^{-6}，NO_x 小于 100×10^{-6}。

方法 6 时差分析法

该方法是利用三元催化转化器未达工作温度时不能正常工作的原理，配合使用尾气分析仪进行检测，这种方法的好处是较为准确，且不用拆前氧传感器就能进行检测。具体操作方法如下。

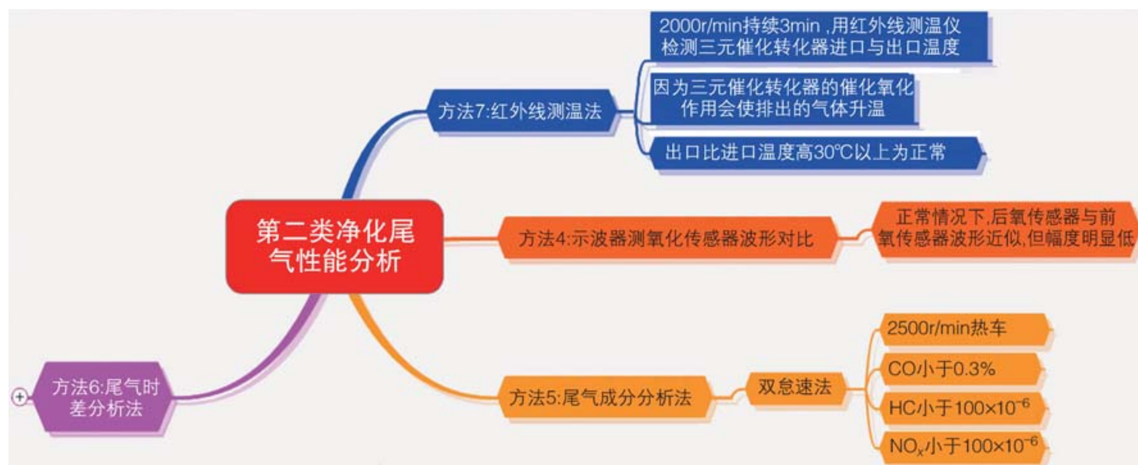


方法 7 红外线测温法

由于三元催化转化器的氧化作用，相当于 HC 和 CO 在三元催化转化器中再次燃烧，会使出口温度上升。为了使测量结果准确可靠，请按下面的要点操作。

起动汽车，将发动机预热到正常温度，将发动机转速升高到 2000r/min，持续 3min，用红外线测温仪测量三元催化转化器进口与出口的温度。依据我们的测量经验，正常情况下，出口温度应比进口高 30℃以上，这说明三元催化转化器工作正常，如果出口温度低于或等于进口温度，说明三元催化转化器已经损坏。

本节总结



思考　某修理技师用红外线测温仪检测帕萨特 B5 时，测量结果为进口 280℃，出口 150℃，请问这正常吗？

能否利用此数据判定该车三元催化器已经损坏？

5.4 诊断三元催化转化器是否堵塞（方法 8~ 方法 11）

方法 8 排气背压检测法

这种方法仅能判断三元催化转化器是否存在堵塞的可能。具体操作如下：将前氧传感器拆下后接上排气背压表，起动汽车将转速升高，发动机转速在 2500r/min 时不大于 20kPa 为正常，超过此数据，则说明三元催化转化器堵塞。

方法 9 检测进气管真空度

正常情况下，三元催化转化器不堵塞时，排气通畅，发动机的燃烧速度正常，进气管真空度会维持在一个正常的范围。如果排气管中的三元催化转化器堵塞，则会造成排气不畅，进而造成燃烧室内的废气不能有效排出，使燃烧速度变慢，活塞下行的加速度变小，进而使进气管的真空度变低。所以我们可以通过检测进气管真空度的方法，来判断三元催化转化器是否堵塞。具体方法是，先将发动机预热，再将发动机转速加速到 2500r/min 持续 15s，真空度维持在 47.5~74.5kPa 不降低为正常，如果明显降低，则可能为三元催化转化器堵塞。

方法 10 故障现象分析法

排气中的三元催化转化器堵塞后，根据堵塞的程度由轻到重，先是影响到尾气的净化，严重时会影响到动力性。根据以往的经验得知，如果三元催化转化器发生严重堵塞会有以下几种故障现象：

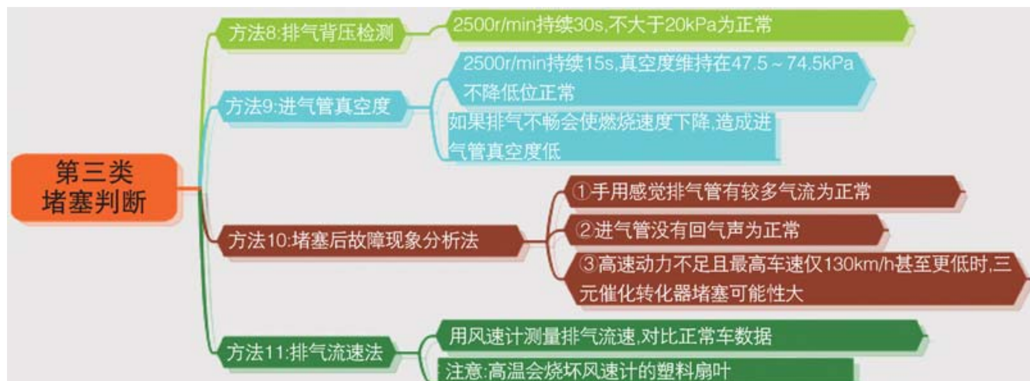
① 将手放到离排气管出口较远位置，在防止烫伤的前提下，感知排气流速。请助手踩加速踏板，使发动机转速达到 3000r/min，如果三元催化转化器堵塞，则会感到明显的排气量不足。

② 如果三元催化转化器堵塞，则在行车时会感觉到进气管有回气噪声。

③ 车辆中低速行车正常，汽油压力不低，只有高速动力不足，且最高车速仅 130km/h 甚至更低时，三元催化转化器堵塞可能性比较大。三元催化转化器的堵塞过程一般是渐进性的。例如刚开始仅能达到 130km/h，后逐渐发展到无法超过 100km/h。

方法 11 排气流速法

用手感觉排气流速过于依赖个人的经验，不是很好的量化办法。如果我们使用风速计测量正常车辆的排气速度，再对比故障车的排气速度，就可以更科学，更准确。但在实际操作中存在一个问题，就是要注意使用耐高温的风速计，以避免排气气流的高温烧坏风速计的塑料叶轮。



5.5 如何用解码器诊断三元催化转化器是否损坏（方法 12~ 方法 17）

方法 12 直接读故障码

“ 三元催化效率低 ” 这个故障码，相对于其他燃烧排放方面的故障码，准确度比较高。仅一种情况例外，就是在车辆涉水时会因为三元催化转化器被降温不能正常工作，而出现这个故障码，在正常情况下出现上述故障码时，三元催化转化器出现故障的概率非常高。

方法 13 高速行车加速无力时，看前、后氧传感器数据

看数据流中前氧传感器和后氧传感器的变化幅度，如果后氧传感器与前氧传感器信号电压变化的幅度一样大，均为 0.1~0.9V 之间变化，则说明三元催化转化器损坏。

方法 14 高速动力不足看前氧传感器数据

大众车数据流第 33 组 2 区为前氧传感器信号电压。试车过程中若高速出现动力不足，且氧传感器信号电压反映一直为混合气浓，则说明三元催化转化器堵塞。

方法 15 当高速动力不足时看节气门与进气量数据

如果节气门开度超 90%，空气流量小于 70g/s，结合再看氧传感器数据为混合气浓，则说明三元催化转化器损坏的可能性非常大。

方法 16 高速动力不足时看涡轮增压数据

如果三元催化转化器堵塞，会因为排气管堵塞造成流速不够，进而影响到了涡轮增压的作用。试车行驶中如果在发动机转速为 2000r/min 时，涡轮增压后的压力不足 1.6bar，则说明可能是三元催化转化器堵塞造成的，大众车数据流组号为 115 组。

方法 17 就绪代码

就绪代码是大众车的特殊功能之一。简单讲，就是利用解码器的特殊功能，启动对三元催化转化器的测试程序，可以快速专门针对三元催化转化器的效率进行测量。这种测量方法非常方便，并且准确性也较高，按照解码器的提示一步一步操作就能完成诊断。这种方法一般应用在高档车上，它依赖于发动机 ECU 中是否装有该程序，还要看你手中的解码器是否有这个功能菜单，才能启用该功能。测试完毕后，解码器会显示三元催化转化器工作是否正常。

本节总结

第四类解码器数据分析法

方法12: 直接读故障码 → 三元催化效率低

方法13: 看数据流中前氧传感器和后氧传感器的变化幅度

方法14: 高速动力不足出现时,33组前氧传感器信号电压一直为混合气浓,则为堵塞

方法15: 当高速动力不足问题出现时,节气门开度超90%,空气流量小于70g/s

方法16: 高速动力不足时，115组涡轮增压数据不足1.6bar

方法17: 就绪代码法

5.6 三元催化转化器使用注意事项

三元催化转化器正常的使用寿命：在国 V 排放标准中规定，新车三元催化转化器要保证 16 万 km 以上的使用寿命（前提条件是正常的维护与保养）。但在实际使用中有很多因素会造成三元催化转化器的早期损坏。

导致三元催化转化器早期失效有三个方面的原因：受机械外力损坏；过热老化；表面被沉积物（铅、硫、锌、磷、积炭）覆盖以及催化转化器上的贵金属老化。

虽然现在均为无铅汽油，但是由于炼油技术能力不够以及原油品质低的原因，还有一部分汽油使用了锰添加剂，或是炼油时没有把锰去掉等以上原因，会缩短三元催化转化器的寿命。

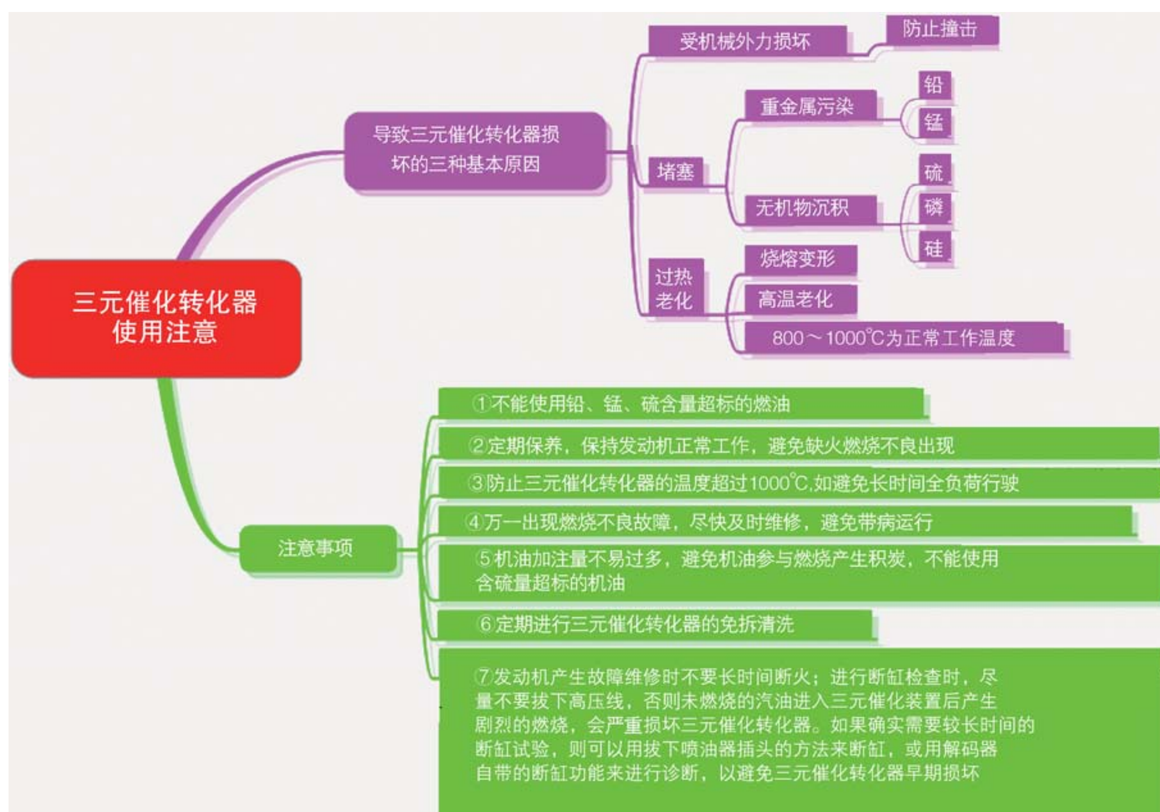
除了重金属污染外，在汽车使用过程中，还有些非金属成分会对三元催化转化器造成污染，这三种成分是硅、硫、磷，这三种成分也多来自于汽油或发动机机油，再或使用硅胶密封件引起。

硅存在于防冻冷却液和一些含硅的密封胶中，硫和磷存在于汽油中，它们对于三元催化转化器的损坏也是涂覆性的伤害。在排气高温的作用下，这些无机物会在三元催化转化器表面形成结晶。随着这些结晶的增多，就会隔绝三元催化转化器与废气的接触，使三元催化转化器的净化作用降低甚至丧失。

当涂覆性失效发展严重时，就会造成局部堵塞，甚至严重堵塞，这时不仅失去尾气净化作用，还会使发动机会出现起动困难，甚至不起动。所以我们要选择正规加油站加油。

高温失效：三元催化转化器正常工作温度是 800~1000℃，长时间超过 1200℃会使内部的陶瓷载体发生变形而烧坏，引起上面的催化物质脱落，从而造成三元催化转化器损坏。

堵塞失效：长时间低速行驶，且没有进行过三元催化转化器保养的车辆，以及严重“烧机油”的车产生的蓝烟会涂覆在三元催化转化器的孔隙中，造成堵塞，从而造成三元催化转化器失效损坏。



5.7 三元催化转化器的应急维修方法

正常情况下可以通过免拆保养来保证三元催化转化器的正常工作，但有时会因为某种原因造成三元催化转化器堵塞而效率降低，甚至会完全堵死，导致着车困难或不着车。对于这样的三元催化转化器，可以更换新的三元催化转化器，但如果想省钱，也可以试试以下的方法。

方法一 切片法

拆下三元催化转化器并打开，用切割的方法切下一片表层物质，再把割开的外壳焊好即可。这个方法的道理是，因为堵塞，废气无法通过三元催化转化器的内部气孔，所以无法催化，甚至让尾气无法通过。但往往堵塞的是表面的一层，即在进气口端面的一层，堵塞的深度并不深，只需把表层的物质切下 5mm 薄薄的一层，即可使后面的三元催化转化器正常导通，这时可以恢复三元催化转化器的催化作用。因为切下去的是一少部分，所以对于整个三元催化转化器的催化效率影响不大，可以正常使用。

为了达到更好的效果，可以用清水冲洗三元催化转化器，使其导通更加顺畅，以保证维修后的效果。

方法二 草酸萝卜法

如果三元催化转化器发生堵塞故障，可以试一下这个方法：将三元催化转化器拆下，用大萝卜堵住出口，从进气口给三元催化转化器内灌满草酸。经过草酸的腐蚀，疏通堵塞部分，再取下萝卜，用清水冲洗即可。这个方法是在网上看到的，没有亲自试过，也没有过多的发言权，只是感谢一下这位网友的贡献，大家有机会可以一试。

方法三 返新喷涂法

市场上还有一种专门用于对失效三元催化转化器喷涂活性物质的返新方法，我们试用过，大多数情况是有效的。但没有做长期跟踪，不知道效果持续时间如何。出于保护环境的目的，我们还是建议更换新的三元催化转化器，这样才能长时间有效净化尾气中的有害成分。

遇到以下几种情况，三元催化转化器是无法修复的：

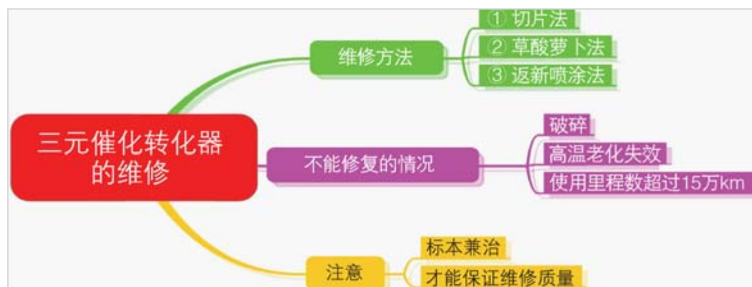
① 如果是物理性的损伤，已经碎裂成多个小块，则只能更换新件。

② 如果是高温后失效，则无法修复的，因为上面的活性物质已经脱落。

③ 如果是行驶里程超过 15 万 km 的车辆，则能修复的概率是比较小的。

综合上所述，如果三元催化转化器仅仅是堵塞，并且使用里程不是很长，且没有碎成小块，则可以试着维修一下。另外，除了维修损坏的三元催化转化器，还要找到并且排除损坏原因，才能保证维修效果，这一点千万不要忽略，否则会造成新更换上的三元催化转化器再次损坏。

本节总结



典型故障案例分析 6

6.1 宝来氧传感器损坏导致排放升高

车　　型：宝来 1.6L，自然吸气发动机，此车已经行驶 18 万 km。

故障现象：排气中汽油味重，仪表板上发动机故障灯亮。

用解码器检测，发现有故障码 19667，—P3211，氧传感器气缸列 1 传感器 1 加热器电路故障。用万用表测量前氧传感器的加热电阻为 10Ω 左右，加热电压为 13V，都在正常范围内。测量氧传感器信号电压，始终为 0.42V，并且在踩下或松开加速踏板时都没有变化，由此确认氧传感器损坏。在更换氧传感器前测量了尾气，数值见下表。

从数据上看，在高怠速时，CO 明显高于正常值（应该小于 0.1%），而此车达到了 1.0%，且 O_2 为 0，说明混合气严重过浓；HC 为 543×10^{-6}，正常值应该在 100×10^{-6} 以下，也远超出正常值，说明因为混合气过浓造成大量汽油无法燃烧直接被排出，造成排气中汽油味重。HC 和 CO 都超出或接近排放标准的上限，并且通过 λ 值（λ 值小于 1 表示混合气偏浓）也可以反映出该车混合气严重过浓，与实际故障现象相符。怠速状态与高怠速的情况大致一样，混合气也严重偏浓。

更换新的氧传感器，清除故障码后，显示“系统正常”；再经过 7km 的路试，回厂后用解码器读取故障码，显示“系统正常”。尾气的气味也明显好转，不再那么刺鼻了。再次测量尾气，将维修前后的数据进行对比，见下表。

	成分	维修前	维修后
高怠速	HC（$\times10^{-6}$）	543	17
	NO_x（$\times10^{-6}$）	60	24
	λ	0.748	0.999
	CO（%）	1.0	0.10
	CO_2（%）	10.2	15.99
	O_2（%）	0	0.00
怠速	HC（$\times10^{-6}$）	610	71
	NO_x（$\times10^{-6}$）	83	5
	λ	0.924	0.990
	CO（%）	2.81	0.36
	CO_2（%）	10.16	15.54
	O_2（%）	0	0.04

从表中数据上看，燃烧状态也明显好转，高怠速时 HC 和 CO 分别由原来的 543×10^{-6} 变成 17×10^{-6}，1.0% 变成 0.10%，怠速时的 HC 和 CO 分别由原来的 610×10^{-6} 变成 71×10^{-6}，2.81% 变成 0.36%，高怠速时的过量空气系数由原来的 0.748 变成 0.999，怠速时的过量空气系数由原来的 0.924 变成 0.990，说明混合气已经进入正常调节状态，混合气过浓故障已经排除。

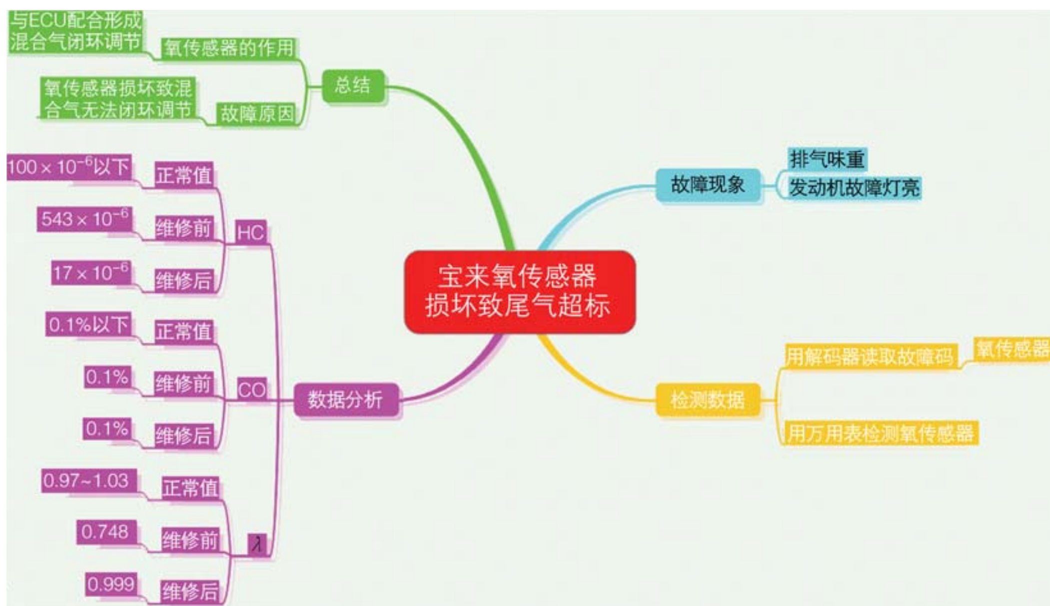
从整体数据上，只有怠速时的 CO 值还有点偏高，推想其经过较长时间行驶，混合气的长期修正作用会进一步降低排放。由于时间关系，此车没有再进行下一步的维修，暂时交车。

本节总结

① 氧传感器是发动机电控燃油喷射中的一个重要传感器，它是一个空燃比反馈传感器，用来与电控系统配合工作，可以动态监测混合气的稀浓，形成混合气的闭环控制，使混合气控制更加精确。

② 此车初始故障码为氧传感器加热电路故障，而实际上并不是氧传感器加热电路故障，而实际用万用表检测，加热电路正常，故障点是氧传感器本身损坏，与驾驶人沟通后得知，此车在来我厂之前维修过，没有清除故障码，所以开始时读到了氧传感器加热电路故障码，更换新氧传感器后，故障排除。

③ 此车为氧传感器损坏，使发动机无法形成混合气闭环控制，对混合气的失控导致混合气过浓，形成尾气排放升高故障。ECU 检测到故障后，点亮了仪表板上的发动机故障灯。通过解码器与尾气分析仪的综合运用，使得故障排除过程中，对于维修效果有了明确的量化标准，虽然没有进行下一步的维修，从技术角度讲，比以往不用尾气分析仪可以更加准确地对维修效果进行量化评估。



6.2 桑塔纳 3000 保养不到位造成尾气超标

车　　型：桑塔纳 3000，装用 M3.8.2 版本电喷发动机和自动变速器，已经行驶 19 万 km。

故障现象：此车到检测站验车，检测报告中指出尾气排放超标，不能通过，于是来我厂维修。

接车后，我们按流程表上的步骤进行维修，实际的过程如下所示：

① 先用解码器读取故障码，显示有多个故障码，清除后，再次读取故障码，只剩下“00522 冷却液温度传感器信号不明确”和“00533 怠速调节超出范围”。

② 发动机着车后，将转速升高到 2500r/min，持续 2min，用红外线测温仪测量三元催化转化器进口的温度为 181℃，出口为 178℃，说明三元催化转化器没有正常工作。

③ 读数据流。第一组：840，1.65ms，3.04℃，4.5~6.0VOT；第二组：840，1.75~1.80ms，4.03~4.16ms，3.19g/s

检测尾气，结果见下表。

	成分	检测报告	维修前		成分	检测报告	维修前
高怠速	HC（$\times10^{-6}$）	96	63	怠速	HC（$\times10^{-6}$）	233	29
	CO（%）	0.59	0.50		CO（%）	0.82	0.62
	NO_x（$\times10^{-6}$）		193		NO_x（$\times10^{-6}$）		50
	CO_2（%）		19.07		CO_2（%）		16.46
	λ		1.000		λ	1.02	0.990
	O_2（%）		0.00		O_2（%）		0.00

④ 与驾驶人进行沟通，得知此车的保养非常不到位。进一步拆检，发现此车的保养条件特别差，火花塞电极间隙严重变大，高压线漏电。在散热风扇运转时，发动机温度为 63℃，明显不正常；用红外线测温仪检测冷却液温度传感器表面温度，在 90℃左右，说明冷却液温度传感器存在参数漂移。经过检查，发现是发动机缸盖后部的四线冷却液温度传感器损坏，其传感器芯与传感器的塑料壳之间松动，不能正确感应发动机温度，造成冷却液温度传感器的信号不准确。

⑤ 将以上检查的结果综合到一起进行分析，确诊此车主要是保养不到位造成尾气超标，应进行如下保养与维修：更换火花塞、高压线、冷却液温度传感器、空气流量计（正常情况下空气流量计读数应在 2.8~3.0g/s，而此车达到了 3.19g/s，说明空气流量计有故障），清洗喷油器、节气门。

将以上诊断结果、维修方案以及维修价格与车主沟通，经车主同意后，开始进行维修。

更换新的冷却液温度传感器后，散热风扇运转时，数据流中的冷却液温度数据为 97℃左右，清除故障后再次读取故障码，显示“系统正常”，冷却液温度传感器的故障码不再出现，说明冷却液温度传感器工作恢复正常。

更换火花塞、高压线以及空气流量计后，清洗喷油器、节气门。维修保养完毕后，发动着车，冷却液温度达再次达到 90℃时，将发动机熄火，对节气门进行匹配；试车；回厂后用解码器检测，显示“系统正常，无故障码”；再次检测尾气，数据见下表。

	成分	检测报告	维修前	完工数据		成分	检测报告	维修前	完工数据
高怠速	HC（$\times 10^{-6}$）	96	63	61	怠速	HC（$\times 10^{-6}$）	233	29	87
	CO（%）	0.59	0.50	0.06		CO（%）	0.82	0.62	0.00
	NO_x（$\times 10^{-6}$）		193	37		NO_x（$\times 10^{-6}$）		50	35
	CO_2（%）		19.07	19.67		CO_2（%）		16.46	19.94
	λ		1.000	1.000		λ	1.02	0.990	1.000
	O_2（%）		0.00	0.00		O_2（%）		0.00	0.00

从表中数据看，3 种有害气体的成分已经明显低于国家限值，可以交车。

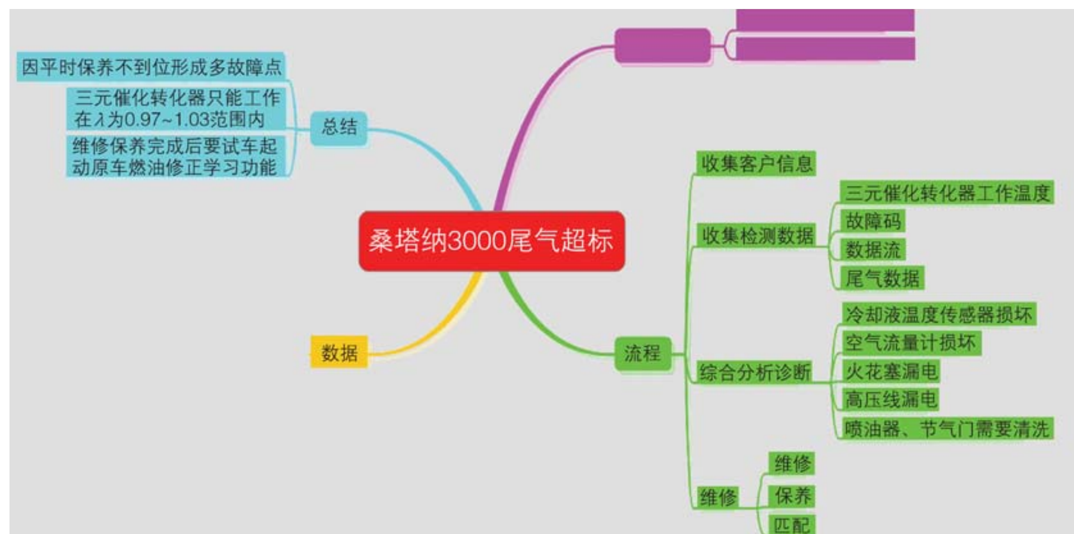
经过上述维修保养，此车到检测站验车，一次性通过。

本节总结

① 此车因为平时保养不到位，所以更换配件比较多。在更换配件后，对发动机电控系统进行了匹配调整，并且经过试车，让发动机 ECU 对混合气进行自动调整的学习后，再进行尾气检测，这是进行排放超标车辆维修的正确流程，先做好电控燃油喷射系统的维修，再进行排放系统的检测，才能得到正常的经三元催化后的排放数据。

② 空气流量计损坏造成混合气过浓，使三元催化转化器不能进行正常的催化作用，所以测量不到明显的温升，但经过上述维修后，从发动机排气歧管出口排出的气体已经恢复到正常，因为三元催化转化器没有失效，所以三元催化转化器恢复正常工作。这就提醒我们，在平时的检测工作中，要多个角度看待问题，在维修过程中，随着维修工作的不断进展，进行适时的尾气分析，根据结果进行判断，才能避免出现误判。三元催化转化器的工作也是要求一定的条件的，过浓或过稀的尾气都不能使三元催化转化器正常工作，仅凭三元催化转化器进出口温度一项检测不能判定三元催化转化器工作的效率。

③ 此车冷却液温度控制系统由装在散热器上的热敏开关控制散热风扇工作，正常情况下温度为 97°C时风扇低速运转。此车因为冷却液温度传感器损坏，风扇运转时的实际温度为 97°C，而因为冷却液温度传感器损坏，给发动机 ECU 提供的信号为 63°C，造成混合气调节出现问题。



6.3 羚羊 1300 尾气超标

车　　型：羚羊 1300，发动机排量 1.3L，已经行驶 12 万 km。

故障现象：行车正常，在车辆年检时尾气超标，超标数据的特点是怠速 HC 超标，其他数据基本正常。此车来我厂修理前已经清洗喷油器及节气门，并免拆清洗了三元催化转化器。

接车后首先用解码器检测故障码，显示系统正常，无故障码。接着再检测三元催化转化器的进出口温度，实际检测数据是：三元催化转化器进口 111℃，出口 107℃。表明三元催化转化器没有正常的催化功能。然后我们再用尾气分析仪测量尾气数据，见下表。

高怠速			怠速		
成分	检测站	维修前	成分	检测站	维修前
HC（$\times10^{-6}$）	19	94	HC（$\times10^{-6}$）	283	171
CO（%）	0.03	0.16	CO（%）	0.13	0.07
NO_x（$\times10^{-6}$）		1	NO_x（$\times10^{-6}$）		0
CO_2（%）		19.83	CO_2（%）		13.78
λ		0.996	λ	1.00	1.251
O_2（%）		0	O_2（%）		4.54

尾气分析仪的检测数据表明，高怠速时的 HC（实测为 94×10^{-6}，上限为 100×10^{-6}，虽然高怠速没有超标，但离上限仅差 6×10^{-6}）和怠速时的 HC 都偏高，而 CO 值和空燃比修正系数基本正常。根据以往的经验，怀疑是喷油器没有清洗干净，将其拆下来后再次进行超声波清洗和流量检测，各缸喷油器雾化良好，并且流量均匀。为了保证维修效果，更换汽油滤芯，发现换下的汽油滤芯特别脏。

用解码器进入数据流功能，显示各项数据正常，氧传感器可以在 0.1~0.8V 之间变化。变化速度也比较快，看不出明显的异常。

检查点火系统，发现火花塞是新换的；各缸高压线电阻为 7kΩ 左右，中央高压线 4kΩ，都在正常的范围内；再拆开分电器盖进行检查，发现分电器盖有些脏；分火头电阻为 0Ω，没有明显的异常。将分电器装复后，再用示波器观察点火系统的波形，也基本正常，没有问题。试着调整点火提前角，发现其怠速状态下的 HC 始终没有降下来。试车，发动机动力也基本正常，急加速动力正常，没有“嗝车”现象，说明点火系统正常。

用汽油压力表测量汽油压力，怠速时为 2.5bar，急加速时为 3.0bar，并且汽油表的指针随着加速可以快速响应变化。用钳子夹住回油管，最高堵转压力可达 5bar，说明汽油压力也没有问题。

是不是汽油品质有问题，经了解此前为了降低排放值，已经更换了正规加油站的 95 号燃油，并且添加了燃油添加剂，但这些处理方法都没有收到效果，怠速状态下 HC 的排放依然明显偏高。

怀疑发动机 ECU 中的学习值没有归零，造成发动机喷油时间偏长而使混合气过浓。于是拆下蓄电池线 3min 后，装复蓄电池线，试车几千米后回厂再次检测，排放数据表明仍旧是没有效果。

检查进气压力传感器的真空软管，连接良好，没有堵塞，也不存在漏气。用真空枪测量进气管真空度，为 20lbf/in^2，在正常的范围内。

检查活性炭罐电磁阀，电磁阀关闭、开启正常，没有无法关闭的现象存在，可以排除是因为活性炭罐将汽油蒸气漏进进气系统引起混合气过浓，进而使 HC 升高的可能。

静下心来思考，是不是我们遗漏了什么地方，是否是配气相位或气门间隙不正确。因为气门间隙过小时会影响到发动机燃烧室的充气量，使发动机燃烧效率下降，造成进气歧管压力下降，再

由进气压力传感器将这一错误的负荷增高信号报给发动机 ECU，发动机 ECU 加大喷油脉宽，使混合气过浓。拆开气门室盖进行检查，进气门间隙为 0.10~0.15mm，明显比正常值偏小，排气门为 0.3mm，属于正常间隙。调整气门间隙，将进气门间隙调整到 0.20mm 后，装复气门室盖，着车试验，尾气数据恢复到较低的水平，见下表。

成分	维修前	清洗喷油器	调气门后	成分	维修前	清洗喷油器	调气门后
HC（$\times10^{-6}$）	94	39	14	HC（$\times10^{-6}$）	171	218	40
CO（%）	0.16	0.03	0.05	CO（%）	0.07	0.03	0.00
NO_x（$\times10^{-6}$）	1	14	0	NO_x（$\times10^{-6}$）	0	0	2
CO_2（%）	19.83	18.46	18.60	CO_2（%）	13.78	18.61	18.60
λ	0.996	1.000	1.000	λ	1.251	0.990	1.000
O_2（%）	0	0	0.00	O_2（%）	4.54	0	0.00

从表中的数据可以看到，尾气超标故障排除。并且此时的发动机工作状态较好，燃烧效率正常，其数据流可用作其他车辆的维修参考，记录数据流如下：冷却液温度 92℃，转速 760r/min，怠速阀占空比 13.3%，进气歧管压力 26kPa，喷油脉宽为 2.428~2.496ms，短期修正为 ±1.6%，长期修正为 -3.9%~-3.1%，总修正值为 -3.9%~-0.9%，氧传感器为 0.1~0.8V。

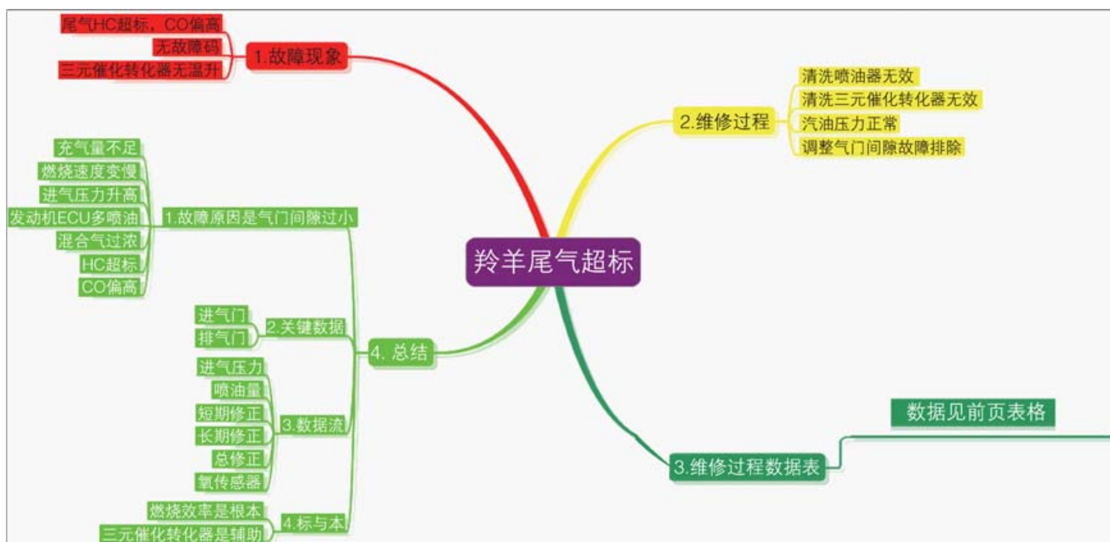
去检测站重新验车，该车尾气检测顺利通过。

本节总结

① 此车的故障主要原因是气门间隙过小，使配气相位错误。因为进气门的闭合角变化，造成燃烧速度变慢，再进一步影响到进气压力传感器的信号电压。发动机 ECU 收到的错误信号，使喷油量增加，最终造成混合气过浓，HC 上升。为什么 CO 不高，只有 HC 升高呢？这可能跟发动机的燃烧室结构有关。并且得到这样的经验，因为进气门间隙过小，这种情况下在一定范围内调整点火时间，对于 HC 的影响不大。

② 此车进气门间隙调整前大约为 0.10 ～ 0.15mm，调整成 0.20mm 后，着车后尾气恢复正常。因为思维不严密，一开始忽略了气门间隙的影响，应该从数据流中也可以看到一些异常，如进气压力值偏高，但因为没有标准数据，也没有发现问题，所以在维修完毕后，记录下此车的数据流，用作以后参考。

③ 发动机的燃烧效率是本，三元催化转化器的催化效率是标，合格的汽油加上燃烧良好的发动机再加上工作正常的三元催化转化器，才能使尾气排放达标。只有标本同治，才能解决问题。



6.4 2011 年帕萨特领驭发动机高速动力不足

车　　型：2011 年帕萨特领驭，发动机排量 1.8T，带涡轮增压发动机，手动变速器。该车是刚买的二手车，找不到以前的维修保养记录，无法借助以往的维修记录提供诊断参考。



故障现象：仪表板上的发动机故障灯亮。

据驾驶人描述，该车为二手车。为了排除上述故障，曾经更换过前氧传感器，行驶一天后故障重现，然后转来我厂维修。此车油耗为 9L/100km 左右，稍微偏高，行驶性能正常，没有明显故障症状。

首先，用解码器读取故障码，显示为 P1128—气缸 1 混合气自适应系统过稀。再进入数据流功能，读取第 3 组故障数据，如右图所示。



从以上数据流可以看到，进气量在热车怠速状态为 1.78g/s，明显偏低。从数据上看，怀疑空气流量计损坏或是空气流量计后面存在空气泄漏。于是用万用表测量空气流量计的输出信号电压，明显偏低，如左图所示。

再进一步检测长期燃油修正的数据，读取 33 组数据流，如右图所示。1 区显示为 3.56%，2 区显示为 25%，说明怠速时长期燃油修正在加浓，而部分负荷时发动机需要大量加浓。也就是说在部分负荷时，混合气如果不加以调整，会严重偏稀。根据这一规律，可以排除空气流量计后面漏气的可能。因为如果是空气流量计后面漏气，则应该是怠速时长期修正值明显偏高，部分负荷稍高才对。由解码器的故障码，第 3 组关于进气量的数据流，以及 32 组的长期燃油修正的数据，再次证明，空气流量计损坏的可能性非常大。再进入 33 组数据，查看氧传感器的数据为 1.54V，说明系统处于稍稀的状态。

综合以上的几个方面的检测：故障码、怠速长期燃油修正、部分负荷燃油长期修正、万用表检测信号电压以及氧传感器在数据流中的反映，问题都指向空气流量计。于是，判断此车的空气流量计损坏。

原车空气流量计型号是 0280 218 212（06A 906 461 AC），库房中有型号是 0280 218 063（06A906461L）。这两种空气流量计是否能相互替换？经查资料，确认可以替换。



更换新的空气流量计后，3 组数据流变成 2.75g/s，恢复到正常的状态。清除故障码后，试车，行驶正常。回厂后再次用解码器读取故障码，显示系统正常，此时的长期修正在 32 组数据流中的显示结果如右图所示：1 区长期燃油修正怠速为 1.3%，2 区部分负荷为 2.3%。数值均正常，到此故障排除。

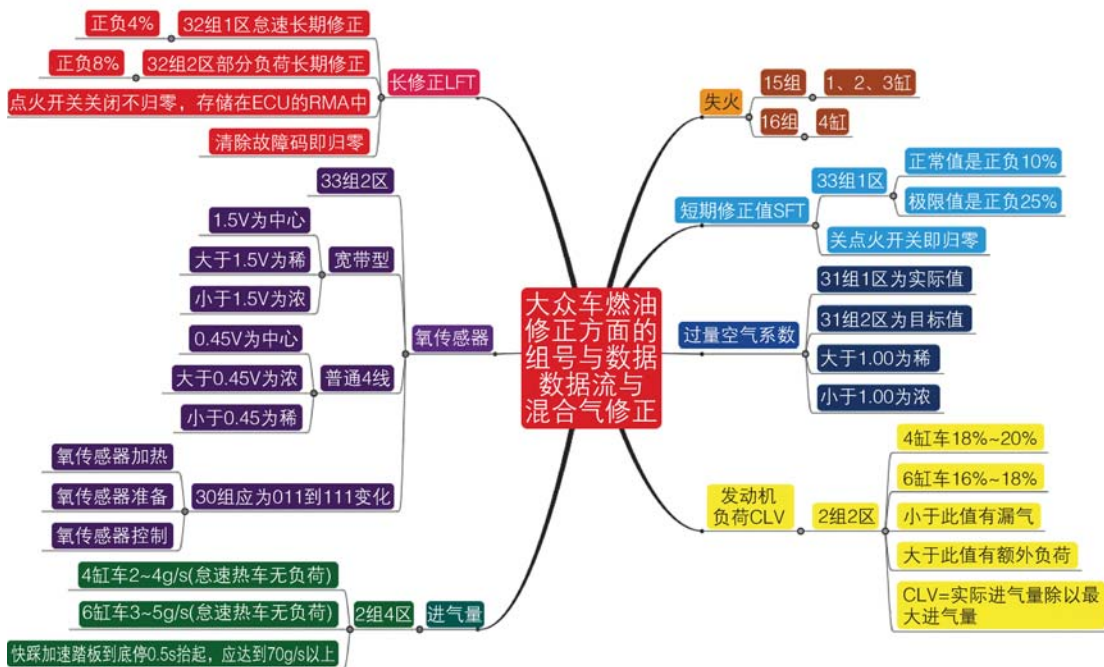
本节总结

① 此车故障是因为空气流量计损坏引起。由空气流量计测量到的进气量比实际进气量明显偏低，发动机按空气流量计提供进气量数据进行喷油，比正常时要少，形成混合气过稀故障，点亮了发动机故障灯。

② 用 32 组数据可以找到两个长期燃油修正的数据，1 区为怠速状态下的长期燃油修正，2 区为部分负荷时长期燃油修正的数据，分析这两个数据可以帮我们缩小故障范围。根据以往的经验，有如下规律：如果是空气流量计后方存在漏气，则会出现怠速时长期修正偏离负方向较多；如果是空气流量计本身，则会出现部分负荷燃烧修正偏离正常值较严重。因为怠速时进气管真空度高，容易形成漏气，而部分负荷时进气管真空度低，即使漏气，对空气流量计读数影响较小。

③ 用解码器可以快速找到问题方向，用万用表检测可以不受解码器的影响，测量空气流量计电压可以让我们更加准确了解实际的信号电压。在拆装时目视检查进气管是否存在漏气也是简单易行的办法。正常时，空气流量计在该车上的信号电压应该为 1.41V，对应的解码器中的数据流应该为 2.8g/s。此车数据分别是 1.21V 和 1.78g/s，明显低于正常数据。

④ 燃油自适应数据，在正常情况下怠速长期燃油应该在正负 4% 以内，部分负荷长期燃油修正数据应该在正负 8% 以内。此案例中部分负荷达到了 25%，说明数据严重偏离正常，所以才存储故障。



6.5 2011 年马自达 3 发动机故障灯亮

车　　型：马自达 3 ；发动机型号：Z6 ；排量 1.6L ；行驶公里 7.6 万 km。

故障现象：发动机故障灯亮，用解码器读取故障码，显示为 " 三元催化效率低 "。

此车是一辆二手车，买到手后就出现发动机故障灯点亮，在其他修理厂进行免拆的三元催化转化器清洗，只用了两天，发动机故障灯再次点亮。检测故障码，仍旧是三元催化效率低。用了 3 个月后，来我厂维修。因为是二手车，所以车主也无法提供更多的保养记录，我们只能根据检测进行故障分析。

接车后，再次用解码器读取故障码，确实是 " 三元催化效率低 "，并且没有其他故障码。用尾气分析仪检测尾气数据，见下表。

工况	高怠速						怠速					
成分	HC	CO	NO_x	CO_2	λ	O_2	HC	CO	NO_x	CO_2	λ	O_2
数据	14×10^{-6}	0.14%	104×10^{-6}	20.00%	0.998	0.0%	23×10^{-6}	0.30%	16×10^{-6}	20.00%	0.995	0.0%

再用解码器检测数据流，相关内容见下表。

喷油脉宽	1.42ms	长期自学习	2.34%（维修后 -0.78%）
进气流量	2.15g/s	短期自学习	-3.91%~3.13%
前氧传感器	0.07~0.77V	发动机冷却液温度	100℃
后氧传感器	0.6~0.7V（0.5~0.68V）	发动机负荷	15.69%

用红外线测温仪检测三元催化转化器进口与出口温度：进气口为 190℃，出气口为 230℃。综合以上的数据进行分析认为，此车的三元催化转化器工作基本正常，理由是三元催化转化器前后有正常的温升。之所以报三元催化转化器的故障码，是因为三元催化转化器只能在很窄的混合比范围内进行催化作用。当混合气调节偏离正常值时，会造成三元催化转化器无法正常工作。分析认为此车就是因为混合气调节不正常，造成三元催化转化器无法正常工作，发动机控制单元误认为是三元催化效率低。并且在从 2500r/min 降低怠速转速时，观察到尾气数据中 HC 和 CO 的数据有瞬间明显上升（减速时进气道真空度上升，会使吸附在积炭上的汽油大量析出，使混合气变浓），说明此车进气道积炭较为严重。因此，建议车主进行喷油器的清洗与免拆进气道积炭的清洗。

清洗完喷油器和进气道积炭后，试车 5km，再次检测尾气数据，见下表。

	高怠速						怠速					
成分	HC（$\times10^{-6}$）	CO（%）	NO_x（$\times10^{-6}$）	CO_2（%）	λ	O_2（%）	HC（$\times10^{-6}$）	CO（%）	NO_x（$\times10^{-6}$）	CO_2（%）	λ	O_2（%）
修前	14	0.14	104	20.00	0.998	0.0	23	0.30	16	20.00	0.995	0.0
修后	22	0.0	100	20.00	1.000	0.0	56	0.08	58	19.99	0.998	0.0

维修后，再次用双怠速法测量尾气时，观察到减速时 HC 和 CO 数据几乎不上升，说明清洗后积炭量明显变少。检测时，怠速 10s 后 CO 的数据变为 0，说明排放中有害气体明显下降，燃烧效

率明显提高。

对比维修前后数据，明显变化的是高怠速时的 CO 和怠速时的 CO，分别从原来的 0.14% 和 0.30% 降到目前的 0.0% 和 0.08%，其他数据变化不大，表明混合气调节处于一个良好的状态，燃烧效率大大提高。但还存在一点不足之处就是 NO_x 仍旧偏高，估计缸内积炭过多所致。三元催化转化器工作正常，没有失效。同时，发动机排放污染物降到了正常范围，发动机燃烧状态良好。

用解码器读取故障码，显示系统正常，无故障码。解码器中数据流中长期燃油修正由原来的 2.34% 降到了现在的 -0.78%，也比原来往好的方向上变化了，已经恢复正常了，充分说明这次的维修是有效的。

在驾驶性能上，驾驶人反映车辆的加速性能明显比以前好，表明发动机的燃烧状况良好。到此，确认该车故障排除，交车。

本节总结

① 此车的故障原因是混合气调节不稳定，加上进气道积炭过多引起三元催化转化器无法彻底对废气进行催化，进而形成上述故障。而并非故障码所指向的三元催化转化器损坏。经过数据分析，确认故障。

② 估计此车一直没有清洗过喷油器，所以出现雾化不良问题，经过清洗后雾化效果变好，其一因为进气道积炭清洗，使混合气的闭环调节速度变快，并且使发动机燃烧充分，增加动力降低油耗的同时，降低了排放。

③ 在本案例中，发动机故障灯亮是表面现象，故障码也错误指向三元催化转化器本身，我们通过对根本原因的治理，解决了问题，表面的故障现象自然会排除。

④ 此车共计花费：拆下清洗喷油器工时费 100 元 + 免拆清洗进气道积炭 150 元 + 检测尾气工时费 30 元 = 合计 280 元，不但排除了故障，并且从数据中可以判断，此车以前的 “ 消化不良 ” 所造成的油耗问题解决，发动机的燃烧效率得到了恢复，一定在短时间内将燃油消耗降低，把维修费用省出来。对车主来讲是省钱的绿色维修。

⑤ 从车主的角度讲，通过维修降低油耗且车更加好用；从修理厂的角度讲，有合理的收入；从社会角度讲，降低了排放污染，为保卫蓝天白云做出了应该做的本职工作，可谓一举三得，三方受益。



6.6 一汽自由风尾气超标

车　　型：一汽自由风，发动机排量 2.0L ；配用联合电子 M7 电喷系统；已经行驶里程：18 万 km。

故障现象：驾驶人反映此车加速冲击感较强，另外将要年检，需要检测尾气是否能通过。接车后，首先进行试车，急加速时冲击感较强，缓加速时正常，直观感觉是点火系统工作不良，存在加速断火现象。

高怠速	数据	怠速	数据
HC（$\times10^{-6}$）	43	HC（%）	85
CO（%）	0.49	CO（%）	0.42
NO_x（$\times10^{-6}$）	451	NO_x（$\times10^{-6}$）	112
CO_2（%）	18.45	CO_2（%）	18.16
λ	0.988	λ	0.988
O_2（%）	0.00	O_2（%）	0.00

接上解码器检测，有一个故障码：P0355，解释是“曲轴位置传感器 58 齿信号丢失、不正确”。清除故障码后，起动着车，再次读取故障码，显示系统正常，说明这是一个偶发性故障。再用解码器进入系统，读取数据流，结合以前的维修经验分析，数据流上没有明显异常。

用红外线测温仪测量三元催化转化器进出口温度，进口 177℃，出口 144℃。正常情况下应该有 30~40℃的温升，而此车三元催化转化器的进口与出口温度是下降 34℃，怀疑有可能是三元催化转化器损坏。

用尾气分析仪检测当前的尾气数据见右表。

结合以上的检测结果，进一步拆检，发现一根高压线断路，且火花塞老化，并且气门室盖漏油，需要更换。在跟车主的沟通中了解到该车长时间没有清洗喷油器。



此车因为点火系统存在故障，造成加速时产生冲击现象，需要维修点火系统，并进行喷油器及节气门的清洗。根据尾气 CO_2 基本正常，说明点火系统在发动机空载运行时，燃烧效率还不错。再根据 HC 成分基本正常、NO_x 成分升高严重这一现象，判断三元催化转化器很有可能已经损坏。

维修过程记录：因为三元催化转化器价格较贵，为了谨慎起见，没有轻易更换，先对该车进行了更换高压线、火花塞的维修，并且清洗喷油器和节气门。再用尾气分析仪检测尾气数据，见下表。

	成分	维修前	换高压线火花塞		成分	维修前	换高压线火花塞
高怠速	HC（$\times10^{-6}$）	43	5	怠速	HC（$\times10^{-6}$）	85	69
	CO（%）	0.49	0.35		CO（%）	0.42	0.28
	NO_x（$\times10^{-6}$）	451	354		NO_x（$\times10^{-6}$）	112	80
	CO_2（%）	18.45	19.13		CO_2（%）	18.16	18.72
	λ	0.988	0.990		λ	0.988	0.990
	O_2（%）	0.00	0.00		O_2（%）	0.00	0.00

经过上述的维修，尾气数据有所下降，但高怠速时仍然有 CO 超标（双怠速法仅限制三个参数 HC、CO 和 λ 值，所以 NO_x 排放高并不限制），尤其是 NO_x 的排放仍然很高。

维修到了这一步，三元催化转化器损坏的可能性越来越高。为了准确判断三元催化转化器是否损坏，我们将前氧传感器拆下，把尾气分析仪的取样管探头插入氧传感器安装孔内，用尾气分析仪检测前氧传感器处的排放值，得到下表数据：

	成分	维修前数据	换高压线火花塞	从前氧传感器测量		成分	维修前数据	换高压线火花塞	从前氧传感器测量
高怠速	HC（$\times 10^{-6}$）	43	5	15	怠速	HC（$\times 10^{-6}$）	85	69	76
	CO（%）	0.49	0.35	0.36		CO（%）	0.42	0.28	0.29
	NO_x（$\times 10^{-6}$）	451	354	370		NO_x（$\times 10^{-6}$）	112	80	95
	CO_2（%）	18.45	19.13	19.00		CO_2（%）	18.16	18.72	18.70
	λ	0.988	0.990	0.989		λ	0.988	0.990	0.989
	O_2（%）	0.00	0.00	0.00		O_2（%）	0.00	0.00	0.00

从表中数据看到，尾气经过三元催化转化器后，数据变化范围很小，说明三元催化转化器失效，决定更换三元催化转化器。

更换新的三元催化转化器后，再用尾气分析仪测量数据，见下表。

	成分	维修前	前氧传感器测	保养后排出口测量	换三元催化转化器后
高怠速	HC（$\times 10^{-6}$）	43	15	5	0
	CO（%）	0.49	0.36	0.35	0.01
	NO_x（$\times 10^{-6}$）	451	370	354	30
	CO_2（%）	18.45	19.00	19.13	19.00
	λ	0.988	0.989	0.990	1.000
	O_2（%）	0.00	0.00	0.00	0.0
怠速	HC（$\times 10^{-6}$）	85	76	69	30
	CO（%）	0.42	0.29	0.28	0.02
	NO_x（$\times 10^{-6}$）	112	95	80	40
	CO_2（%）	18.16	18.70	18.72	18.00
	λ	0.988	0.989	0.990	1.000
	O_2（%）	0.00	0.00	0.00	0.00

从表中数据看，各项排放已经恢复正常，且有害气体的排放量明显小于国家标准，λ 也在正常范围内，尾气排放合格。交车后此车到检测站上检测，一次性顺利通过。

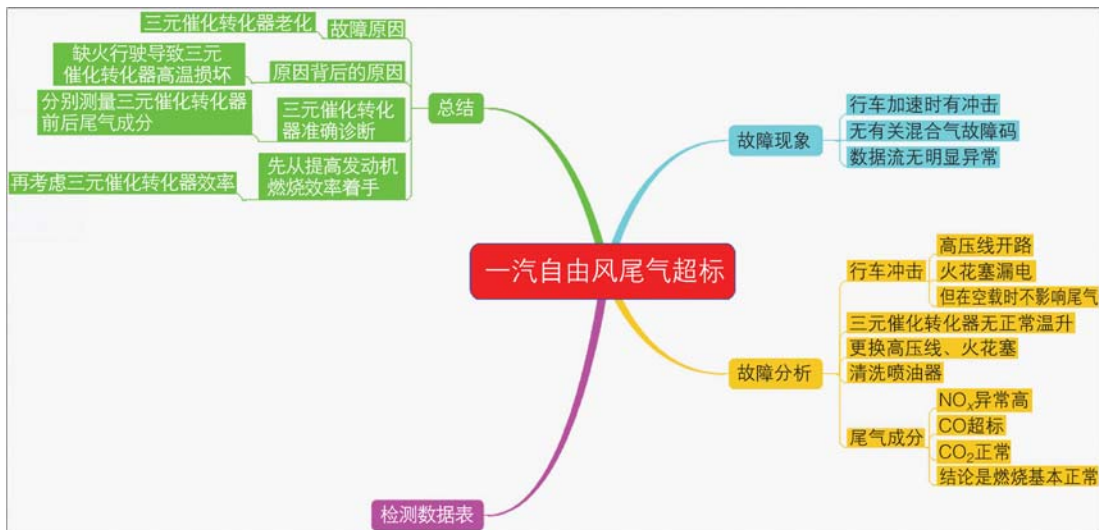
本节总结

① 本案例中，引起尾气排放超标的原因有三个方面：一是点火系统偶发性断火；二是喷油器堵塞雾化不良；三是三元催化转化器损坏。

② 三元催化转化器价格较贵，如果误诊将不能退换，因此在诊断故障时要谨慎，可以先将常规保养做完后检测一下尾气成分。如果仍旧严重超标，则可以用尾气分析仪分别测量三元催化转化器前后尾气成分数据，用这种方法可以准确判断出三元催化转化器是否损坏。而利用红外线测温仪测量可以作为快速粗略诊断方法来用，不建议作为最终的确认依据，有时混合气偏离正常范围过多时，也会使三元催化转化器不能产生催化作用。

③ 此车的三元催化转化器为什么会损坏，应该有两个原因：点火系统漏电，驾驶人仍旧让车辆带病运行，造成三元催化转化器高温损坏；另外，行驶里程数达到 18 万 km，也是一个重要原因。不论是什么原因造成的，我们最终还是要靠三元催化转化器前后尾气的数据来判断是否损坏。

④ 正常情况下，发动机的燃烧效率是引起尾气超标的主要原因，所以我们维修尾气超标车辆时，应该先从发动机的基本保养与维修着手，把发动机燃烧效率恢复到正常范围后，仍旧超标的车辆则考虑三元催化转化器本身是否有问题。假如某车三元催化转化器有问题，在修好或更新三元催化转化器后，一定要做好发动机的保养，否则不能保证彻底有效降低排放问题。



6.7 伊兰特尾气超标

车　　型：伊兰特，装用 1.6L 发动机。

故障现象：尾气超标，在检测站的检测结果是高怠速尾气中 CO 超标，其他成分没有超标。

该车在其他修理厂进行尾气治理和常规的保养，花费 2000 多元仍不能解决问题。我们接车后了解，此车已经更换了火花塞，清洗了节气门及喷油器，用免拆法清洗了三元催化转化器。该车有轻微烧机油的现象，所以在上家修理厂给其添加了发动机修复剂，据驾驶人介绍，添加修复剂后，发动机动力明显提升，但尾气排放仍旧超标。

接车后，我们首先对尾气进行检测，检测数据见下表。

	成分	维修前	清洗喷油器	更换汽油滤芯	更换泵芯泄压阀	更换汽油泵总成	更换三元催化转化器
高怠速	HC（$\times10^{-6}$）	83	66	75	56	80	68
	CO（%）	0.52	0.57	0.45	0.34	0.36	0.09
	NO_x（$\times10^{-6}$）	64	76	40	64	29	27
	CO_2（%）	14.43	14.64	14.93	15.15	15.74	15.45
	λ	0.980	0.980	0.986	0.99	0.990	0.999
	O_2（%）	0	0	0	0	0	0
怠速	HC（$\times10^{-6}$）	49	47	52	34	70	64
	CO（%）	0.06	0.08	0.07	0.02	0.05	0.06
	NO_x（$\times10^{-6}$）	64	75	48	49	28	24
	CO_2（%）	10.11	12.90	13.54	11.76	13.32	12.99
	λ	1.221	0.998	0.998	1.082	1.007	1.014
	O_2（%）	3.28	0	0	1.34	0.20	0.30

根据该车的维修经历，再加上检测数据，进行了如下分析：数据中 HC 及 CO 的含量高说明此车的故障方向是混合气过浓，而与“烧机油”关系不大，因为 CO 值太高，HC 明显过高。

根据我们所确定的大致方向进一步检测，用解码器读取故障码，显示为 P0139—氧传感器电路反应迟钝，第一列传感器；P0171—燃油系统混合气太稀。用解码器读取数据流，见右表。

项　　目	数　　据
喷油脉宽	3ms
氧传感器	0.1~0.7V
长期自学习	20%
短期自学习	-4.7%~2.1%

综合以上数据流与故障码的情况，发现数据流中长期自学习数据明显异常。正常情况下，此数据应该在正负 5% 以内，达到 20% 则说明此车数据明显偏高，意味着发动机 ECU 在努力使混合气往浓的方向上调整。发动机存储混合气过稀的故障码。而我们测量到的尾气数据明显偏浓，这一结果好像与发动机的数据有些矛盾。根据直觉，感觉此车排放高的问题一定在这个矛盾点上，但什么原因造成混合气过浓还不能确定。

再次与驾驶人交流得知，此车在清洗喷油器时采用的是免拆法，所以我们怀疑清洗得不够彻底，造成 HC 过高。虽然 HC 值并没有超出验车标准，但根据我们测量其他同类车型的经验，此车的发动机排放应该是很低的。此数据证明此车一定有明显的问题，决定先将喷油器拆下来进行清洗。清洗后经过试车，再次用尾气分析测量，数据如上表中第 4 列所示。

表中的数据表明，高速状态下 HC 略有下降，CO 略有上升，CO_2 明显升高；怠速状态下，CO_2 明显升高，其他数据变化不大。通过数据变化看到，尾气中的有害成分明显降低，但与标准数据相比仍旧偏高，说明此车还有其他方面的问题。

再次接入解码器进行路试，试车过程中感到此车的动力正常。在试车的同时，观察数据流，长期修正值变为 15%，说明此车的混合气调节还有问题。

回厂后，接上汽油压力表进行检测，汽油压力为 2.5bar。查阅资料得知，该车的正常压力应该为 3.5bar 才对。

于是拆检汽油泵，因为车主已经花费较多，想用最省钱的方法来解决问题。经过拆检，发现汽油泵内缺少一个小滤网，同时汽油泵芯上的胶圈也损坏，造成漏油，无法形成正常的密封，经过反复试验，最终汽油压力只能达到 3bar，与正常值相比，仍然有 0.5bar 的偏差，与车主沟通后更换了汽油泵总成。经检测汽油压力恢复正常。始终为 3.5bar。

再次检测尾气，如上表数据所示，尾气数据。到此，确认是三元催化转化器损坏，仍然不能过关。更换了三元催化转化器，尾气检测顺利过关。

本节总结

① 此车尾气超标的故障主要原因是汽油泵压力过低和三元催化转化器损坏，另外就是清洗喷油器用免拆法不到位引起。

② 尾气超标故障维修过程中，经过相应的维修和保养，排气中有害成分马上降低，有时不但不降低，反而会因为我们的保养而升高。这会给我们带来疑惑——到底清洗保养是否有效，是否会有效降低排放并且提高发机的燃烧效果。

③ 在一路的治理过程中（不算更换三元催化转化器后的数据变化）可以得到这样的一个规律：在每一步治理后检测尾气，虽然 HC、CO 及 NO_x 都在没有规律地变化，有时升高，有时降低，但 CO_2 始终都朝着一个方向变化——每一步都让 CO_2 升高了，这说明燃烧质量提高了。

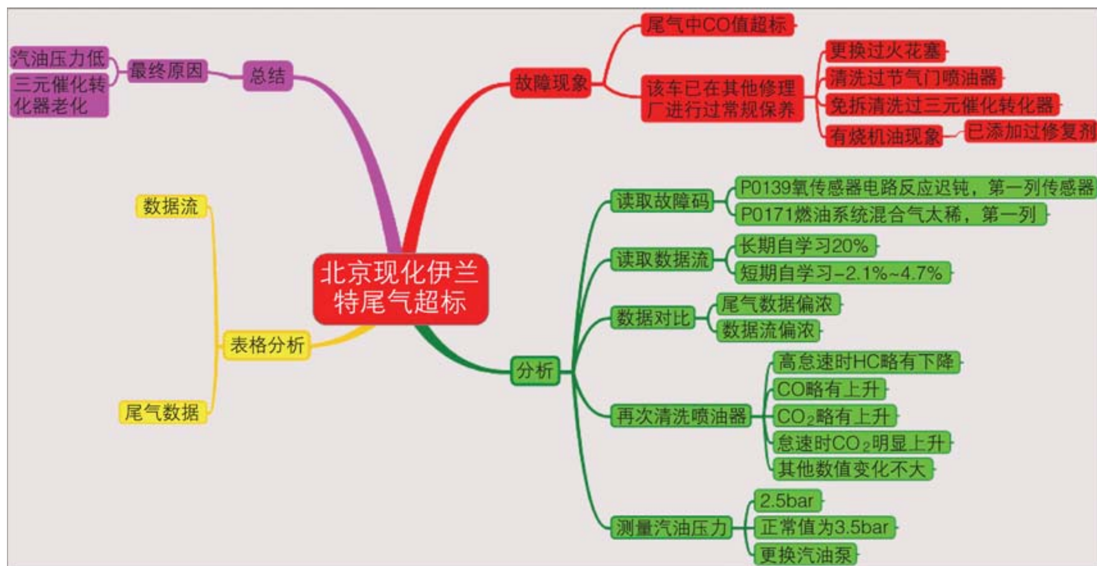
汽油泵压力不足，发动机 ECU 在检测到混合气过稀时会进行修正，也可能因为汽油压力调节阀工作不稳定，使汽油压力有时高有时低。

④ 站到怠速和 2500r/min 两个工况的角度上看，始终是怠速时混合气稀（或在正常范围内），高怠速 2500r/min 时混合气偏浓。但实质不是空气滤清器堵塞，可以肯定的是：①汽油压力过低，造成雾化不良；②汽油压力过低，造成发动机的空燃比修正起了作用，并没有造成混合气过稀。在实际试车过程中还发现，即使在汽油压力为 2.5bar 时，我们的试车感觉还是此车的动力没有明显问题，比较有劲。对于从怠速和 2500r/min 两个工况分析混合气过稀或过浓的规律，此方法值得我们借鉴，但不能生搬硬套。

⑤ 推测该车轻微烧机油，可能是引起高怠速时 HC 和 CO 都偏高的原因。

⑥ 可能该车进气道的积炭比较多，造成高速时产生的积炭引起混合气调节速度偏慢。

⑦ 进气道积炭引起的进气阻力较大，使进入气缸内的空气偏少，造成混合气偏浓。



6.8 雪佛兰乐驰尾气超标

车　　型：雪佛兰乐驰，已经行驶 3.8 万 km，发动机排量 0.8L。

故障现象：去检测线验车，尾气超标，不合格。

除过量空气系数合格外，高怠速时 HC 和 CO 超标，测量值分别为 123×10^{-6}（限值 100×10^{-6} 以下）和 0.65%（限值 0.3% 以下）；怠速时 HC 超标，实测值为 207×10^{-6}（限值为 150×10^{-6}），CO 虽然不超标，但也接近上限值。用尾气分析仪再次检测，与上述结果接近，说明此车的尾气确实超标，发动机可能存在燃烧不良的故障。

	成分	检测站数据	维修前	清洗喷油器换火花塞
高怠速	HC（$\times10^{-6}$）	123	158	0
	CO（%）	0.65	0.47	0.01
	NO_x（$\times10^{-6}$）		448	5
	CO_2（%）		17.74	18.14
	λ		0.990	1.000
	O_2（%）		0.00	0.00
怠速	HC（$\times10^{-6}$）	207	130	0
	CO（%）	0.72	0.42	0.01
	NO_x（$\times10^{-6}$）		173	45
	CO_2（%）		17.34	17.53
	λ	1.02	0.990	1.000
	O_2（%）		0.00	0.00

接上解码器，读取故障码，显示：DTC0110—歧管温度传感器电压太高 / 太低；DTC0505—怠速空气控制电磁阀错误。

清除故障码后试车，回厂后用解码器再次检测，故障码没有重新出现，说明故障码是以前维修时引起的，不是现存的故障，不予考虑。

检测三元催化转化器进出口温度差，进口温度为 161℃，出口温度为 201℃，有明显的温度上升，说明三元催化转化器工作效率正常。

与驾驶人沟通后得知，此车已经行驶 3.8 万 km，没有更换过火花塞，也没有清洗喷油器及节气门，只是更换了机油三滤。分析后判断是缺少保养造成的。更换 3 个新火花塞、清洗喷油器及节气门，再次检测，尾气排放数据见上表。

从表中数据可以看到，通过以上的维修，各项数据都远低于国家限值。

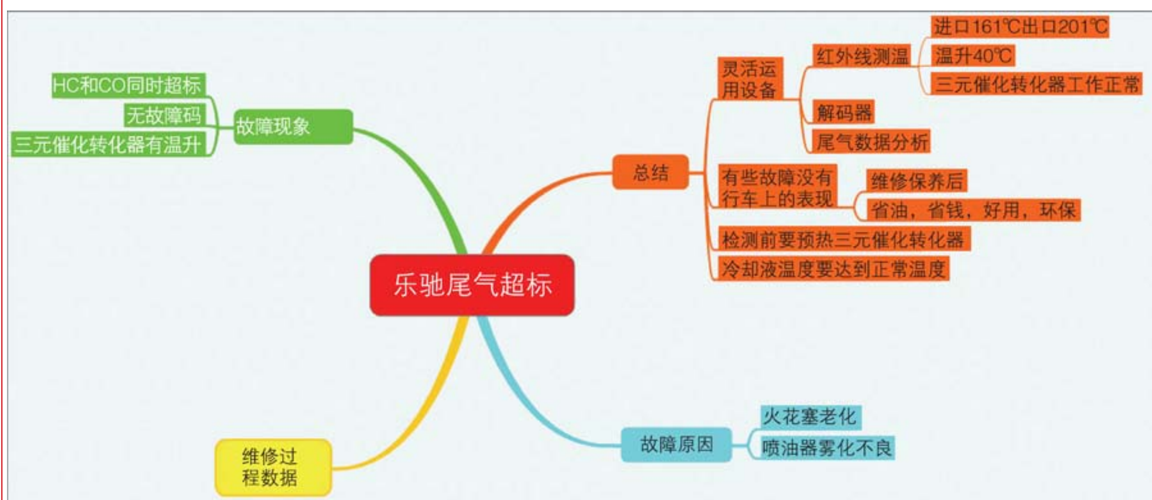
将该车送到检测站验车，车主打来电话说没有通过，并且超标数据很高。通过电话了解到，车主一直将发动机着车怠速运转，检测前还踩了好几次加速踏板，然后将车交给操作员检测，我们分析认为是车主操作不当引起的，因为没有给三元催化转化器加热，造成三元催化转化器温度没有达到工作温度而使尾气超标。于是，让车主重新上检测线，这次在将车交给操作员以前，提前踩加速踏板，使发动机转速升高到 3000r/min，持续 3min 以上。经过上述操作后，将车交给操作员上线检测，该车顺利通过检测。

本节总结

① 此车排放超标的主要原因是缺乏保养造成的。通过灵活运用解码器、红外线测温仪以及尾气分析仪，加上与客户沟通，很快找到了故障原因，并进行了正确的维修。

② 发动机冷却液温度和三元催化转化器的温度都会影响排放成分。根据不同车辆三元催化转化器的结构特点，必要时要提高发动机转速并持续一段时间，利用大量高速的废气给三元催化转化器加热，使三元催化转化器达到正常的工作温度（350~700℃）。在发动机燃烧良好的前提下，排出的废气再经过三元催化转化器的进一步净化，这样才能使排出的尾气达标，所以要注意三元催化转化器的预热。

③ 原来发动机的燃烧情况明显劣化，肯定会造成油耗高，因为排出的 HC 都是未完全燃烧的产物。通过尾气检测，不但能了解其排放的状态，更重要的是可以知道发动机的工况和燃烧情况。有效的维修保养，可以使发动机的燃烧更充分，排放更低，对于车主来讲，更省油。正确的维修保养可以保证车辆使用的经济性，使车辆行车顺畅，为车主省钱，并且可以保护环境，一举多得。这些都可以通过尾气数据的变化，实实在在地让客户看到，同时也可以证明我们工作的有效性，提高修理厂技术营销的能力。



6.9 奇瑞 QQ3 尾气超标

车　　型：奇瑞 QQ，发动机型号 SQR472，排量 1.1L，生产日期 2003 年，已经行驶 8 万 km。

故障现象：尾气各项数据都严重超标，没有一项能通过检测。接车后，我们再次检测了该车的尾气，具体数值见下表。

	成分	检测站数据	维修前		成分	检测站数据	维修前
高怠速	HC（$\times10^{-6}$）	177	222	怠速	HC（$\times10^{-6}$）	191	175
	CO（%）	7.53	7.30		CO（%）	2.18	2.29
	NO_x（$\times10^{-6}$）		25		NO_x（$\times10^{-6}$）		18
	CO_2（%）		12.45		CO_2（%）		16.62
	λ		0.821		λ	0.78	0.938
	O_2（%）		0.00		O_2（%）		0.00

用解码器检测故障码，显示：00537——氧传感器信号控制；00525——氧传感器 G39。

该车在我们接手前已经更换三元催化转化器，前两个月大修发动机。我们接手后，与车主沟通得知，此车的发动机机油已经行驶 5000km 未更换。因为机油的作用是润滑，也起密封作用，会影响燃烧质量。于是，更换了发动机机油。

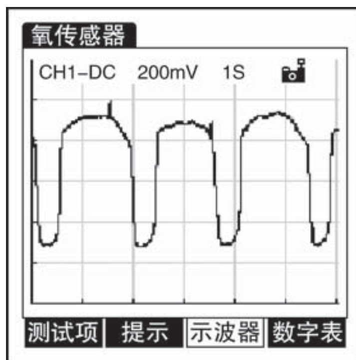
混合气中的 HC 和 CO 都偏高，先进行机械方面的检查，怀疑是气门间隙过小引起的。拆下气门室盖，检查气门间隙，发现气门间隙正常，由此可以排除因为气门间隙造成尾气故障的可能。

用解码器检测数据流中氧传感器的信号电压数据，显示其信号电压不随着发动机工况输出可以浓稀变化的电压信号，一直保持在 0.45V 不变化。检查氧传感器与发动机 ECU 之间的线路，线路连接正常，确认氧传感器损坏。

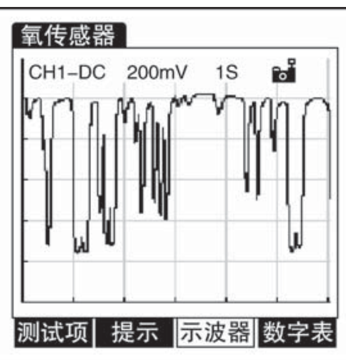
用红外线测温仪检测三元催化转化器进口温度为 170℃，出口温度为 110℃，表明三元催化转化器没有工作，但不能判定三元催化转化器损坏，还要结合排气成分进行综合分析。

经过上述检测，分析认为该车的氧传感器损坏，必然造成发动机 ECU 无法精确调整混合气浓度，决定先针对氧传感器进行维修。更换新氧传感器后，检测尾气数据如下页表所示，排放中的 HC 不但没有降低，反而明显上升许多，但 CO 下降了 90%，说明维修是有效的。接上解码器检测数据流中氧传感器信号电压的数据，发现氧传感器在怠速状态电压变化基本正常，在 0.1~0.8V 之间变化，但到 3500r/min 时变化缓慢，并且发动机故障灯再次点亮。读取故障码，仍然是氧传感器故障。

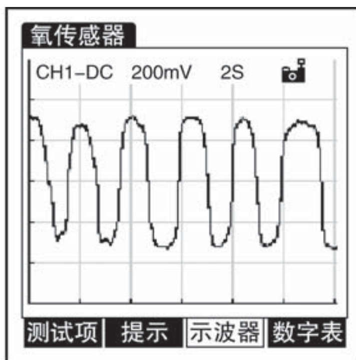
用示波器观察氧传感器的波形，发现在 2000r/min 时，氧传感器的信号波型开始变得非常杂乱，如下图所示。



怠速时的波形



2000r/min时的波形



维修完毕后2000r/min时的波形

根据氧传感器波形杂乱这一故障特点，怀疑点火系统存在故障。拆下火花塞检查，发现问题——4 个火花塞有一个是长的，型号错误。实际情况如右图所示。



进一步检查，发现一缸高压线断路。更换 4 个新火花塞及 1 套新高压线调整点火时间后，又清洗了喷油器，最终实测数据见下表。

	成分	检测站数据	维修前	更换氧传感器后	换火花塞清喷油器	调点火时间
高怠速	HC（$\times10^{-6}$）	177	222	649	41	14
	CO（%）	7.53	7.30	0.79	0.41	0.20
	NO_x（$\times10^{-6}$）		25	73	33	9
	CO_2（%）		12.45	17.81	18.56	18.99
	λ		0.821	0.961	0.990	0.998
	O_2（%）		0.00	0.00	0	0.00
怠速	HC（$\times10^{-6}$）	191	175	162	25	13
	CO（%）	2.18	2.29	0.31	0.15	0.07
	NO_x（$\times10^{-6}$）		18	16	10	1
	CO_2（%）		16.62	18.70	18.77	19.12
	λ	0.78	0.938	0.989	0.999	1.000
	O_2（%）		0.00	0.00	0.00	0.00

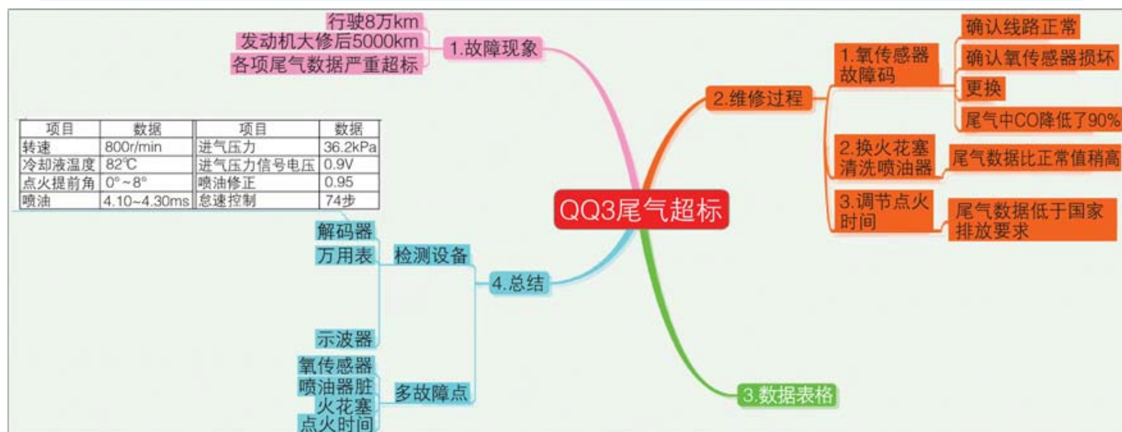
从上表中的数据可以看到，经过维修后，所有数据都远低于国家排放标准，尾气超标故障排除。该车顺利通过检测线检车。

本节总结

① 此车主要故障原因有 3 个：火花塞型号不对、点火时间调整不当以及氧传感器损坏。这三个原因造成发动机混合气的空燃比失去控制，使燃烧品质差，效率低，进而使尾气排放严重超标。经过对应的处理后，最终使发动机排放达到要求（低于限值），也使发动机的燃烧效率达到正常水平，为车主节省了燃油，降低了用车成本，减少了污染物排放，保护了环境。

② 综合整个维修过程进行分析，尾气数据的变化表明该车尾气超标的主要原因是一缸火花塞型号错误，造成发动机燃烧不稳定，再加上点火时间调整不当，最终造成尾气超标。更换氧传感器后，因为点火系统工作不良，未经燃烧的混合气中的氧气直接排放到排气歧管，造成尾气中有部分氧存在，进而造成氧传感器给发动机 ECU 报混合气稀的信号电压，发动机 ECU 调浓混合气后，造成尾气中 HC 和 CO 升高。

③ 氧传感器的杂波是主要是因为火花塞型号不正确造成的。因为燃烧不稳定，有不规律的氧气排到排气管中。氧传感器检测到不稳定的氧气，造成其电压信号波形紊乱，进而影响到发动机 ECU 对混合气空燃比的正确控制。



7 尾气分析仪的拓展应用

7.1 尾气分析仪的拓展应用概述

任何一个检测设备，只有加以灵活运用，才能充分发挥它的潜力。尾气分析仪原来只是用于车辆环保检测线上，但如果灵活运用，就可以发挥出更多的作用。除了快速检测尾气成分，分析发动机的燃烧效率外，还可以用于以下几个方面。

1. 油耗高故障诊断

油耗高是一种常见的故障现象，以往没有尾气分析仪时，遇到此类故障有两个问题比较难以解决：一是判断油耗高是否是由于发动机燃烧效率低引起的；二是油耗究竟高到什么程度，没有好的检测设备将其量化，就难以进行下一步的分析。另外，油耗高问题涉及的范围比较广，不一定是发动机引起的油耗增高。用检测尾气的方法可以很快确认，油耗增高是不是发动机燃烧不良的原因。如果是的话，则可以根据尾气中 HC，以及其他成分的含量，分析出是哪方面的原因造成的。

2. 判断缸垫是否冲坏

判断缸垫是否冲坏的方法有很多种，但对于轻微的缸垫损坏则难以准确判断，而利用尾气分析仪进行检测，则可以快速确诊，比其他方法更科学，更准确。不过凡事有特例，我们遇到过一辆使用天然气和汽油双燃料的车，就出现了一个奇怪的现象，具体情况另行讲解。

3. 疑难故障

尾气分析还可用于发动机燃烧质量的检验，为排除疑难故障提供有效的参考。因为疑难故障涉及的因素很多，利用尾气分析仪进行尾气检测与分析，可以起到快速缩小故障范围、提高诊断效率的作用。

4. 燃烧质量“亚健康”状态判断

发动机燃烧效率低就像人的亚健康状态一样，需要维护、保养。这对于现在的汽车修理市场来讲，是一个很重要的收集客户、增加修理厂赢利能力、为客户增值服务的好方法。

5. 寻找汽油味来源

汽油味道重，有时会让修理工十分头疼。但尾气分析就是一个高灵敏度的电子“鼻子”，对此类故障可以进行快速有效的诊断，最重要的是不受操作者身体条件的影响，用数据分析，灵敏度高，操作起来非常高效。

6. 尾气分析仪还可用于维修质量检验

完成发动机大修后要进行质量检验，修理效果是否良好，燃烧效率是否合格，都可以用尾气分析仪分析排放数据，快速得到可靠的质量判定。因为只有良好的点火系统、供油系统和机械压缩系统，才能使发动机内积炭最少，气缸的充气效率最高，这些都是形成高效率燃烧的条件。大修发动机就是把发动机恢复到初始的最佳状态，利用尾气分析仪可以对燃烧质量是否合格快速做出判断。

7. 尾气分析用于“三清”产品质量检验

所有“三清”产品的最终使用目的都是提高燃烧效率，降低污染物排放。用尾气分析可以方便地检测到，“三清”保养是否起到了真的提高燃烧效率的作用。尾气分析仪对“三清”产品进行质量检验非常准确、方便、快捷。

7.2 怎样用尾气分析仪检测油耗高故障

油耗高是一种常见的故障现象，以往没有尾气分析仪时，遇到此类故障有两个问题比较难以解决：一是判断油耗高的原因是否由于发动机燃烧效率低引起；二是油耗高到什么程度，如果没有好的检测设备将其量化，就难以进行下一步的分析。油耗高问题涉及的范围比较多，是不是发动机引起的油耗增高，用检测尾气的方法可以很快得到确认。如果是发动机燃烧效率低引起的油耗高，一定有剩余的汽油未燃烧而直接从尾气中排出，而没有燃烧的汽油在尾气成分中是以 HC 的形式表现出来的，排气成分中 HC 的成分含量会明显升高。这样，就可以解决上述关于油耗增高在诊断上的两个难题。请大家看下面的案例，是怎样运用尾气分析仪排除这辆比亚迪 F3 油耗高故障的。

比亚迪 F3 排气管汽油味重且油耗高

车　　型：比亚迪 F3，电喷系统是 MT20U2 德尔福系统。

故障现象：车主报修该车排气中有浓浓的汽油味且冒黑烟，同时油耗明显升高，达到油耗 19L/100km，而此车正常油耗应该在 8L/100km 左右，超过正常范围 2 倍还多。

首先，用双怠速法检测尾气，结果见下表。

项　　目	维修前	维修后
氧传感器加热电压	13.05V	
后氧传感器信号	0.99V	
进气歧管压力	34.68kPa	29.15kPa
进气压力信号	1.306V	0.994V
进气温度	56.9℃	
节气门信号	448.5mV	
节气门开度	0%	
喷油脉宽	5.5ms	2.9ms
前氧传感器	0000.0mV	70~759mV
自学习值	154	
冷却液温度	94.1℃	
发动机转速	754r/min	
电压	13.06V	

从下面的数据看，HC 的含量达到了 4299×10^{-6}，CO 为 10.00%，说明混合气严重偏浓。这在我们以往检测过的车辆当中，是混合气最浓的一辆。再结合过量空气系数 λ 为 0.613，也说明出现了严重混合气过浓故障，油耗高是必然结果。但究竟是什么原因引起的，还需要进一步检测。

用解码器读取故障码，为后氧传感器的故障码。再进入数据流，发现前氧传感器的信号电压为 0V。经过检查，发现前氧传感器的插头有变形。经过处理后，前氧传感器信号电压恢复正常。清除故障码，读取数据流，所有的数据都向好的方向变化，如喷油脉宽、进气压力等。但回厂后试车，再用解码器读取数据流，发现故障现象重现。

用万用表检查，发现氧传感器信号电压又回到 0V，往进气管内喷入清洗剂也不能使之上升，说明氧传感器损坏。更换一新的氧传感器，故障现象还是没有改变，接连更换了三个传感器都是这样，说明可能存在其他故障。

将氧传感器的信号线与加热线分开，经过检测，确认加热线电流正常；把信号线引出，而不接到原车的头上，测量信号电压为 0.8V，但只要往原车的线上一接，就降到了 0V，说明原车的线路存在短路。仅凭这些，我们不能确定是线路短路，还是 ECU 内部引起的短路。从前排乘客座附近找到发动机 ECU，发现是 MT20U 的系统。拆下 ECU 后，对氧传感器的正极信号线检测发现是氧传感器的信号正极线对搭铁短路。重新跨接一根导线后，经过试车，故障排除。因为时间和价格原因，没有再进一步寻找短路点，交车。

在恢复氧传感器的信号输入后，学习值以及其他参数马上就有改变。在此例中，通过万用表与解码器的交叉运用，最终锁定了故障。

上表是该车维修前后数据流的对比，从表中对比维修前后的数据流，关键数据都已经恢复正

常。经过试车，尾气汽油味重、冒黑烟的故障现象排除。再次用尾气分析仪进行尾气检测，结果见下表。

	成分	维修前	维修后		成分	维修前	维修后
高怠速	HC（$\times10^{-6}$）	4299	7	怠速	HC（$\times10^{-6}$）	2078	25
	CO（%）	10.00	0.01		CO（%）	5.10	0.02
	NO_x（$\times10^{-6}$）	109	12		NO_x（$\times10^{-6}$）	135	13
	CO_2（%）	4.9	14.78		CO_2（%）	3.01	14.79
	λ	0.613	1.00		λ	1.412	0.0
	O_2（%）	9.32	0.0		O_2（%）	10.94	1.00

从尾气数据上看，高怠速时 CO_2 由原来的 4.9% 升高到 14.78%，怠速时由原来 3.01% 升高到 14.79%，燃烧质量明显提高，恢复到良好的水平。该车由原来的严重混合气过浓，恢复到了现在理想状态。随着 HC 的下降，确认油耗高故障排除。

本节总结

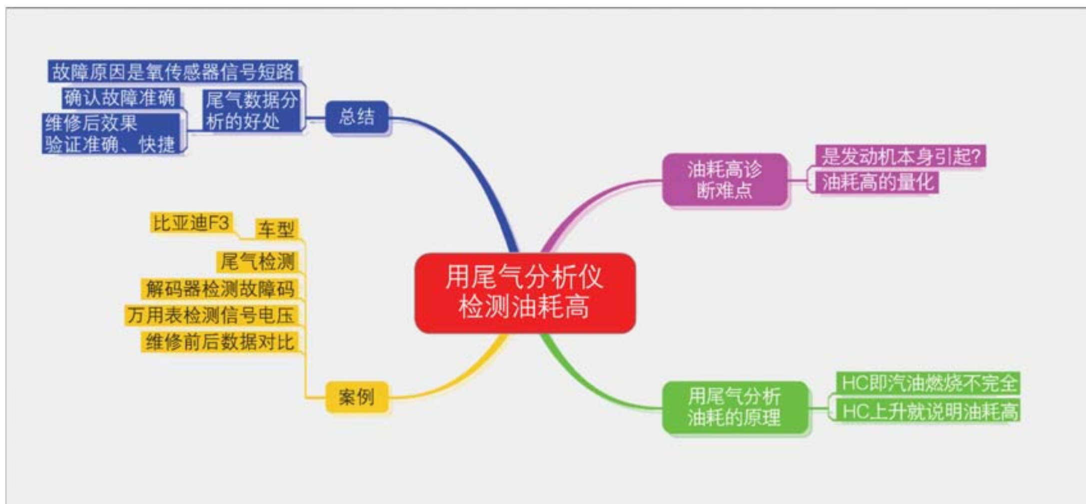
① 此车故障是因为氧传感器信号正极对地短路引起。

② 氧传感器的信号是由氧传感器产生的。它的内阻非常大，所以输出电流非常小。这样当外部导线存在漏电时，信号电压极易被短路，不能传输到 ECU 内部。此车还不是漏电这样轻微的问题，而是直接与负极导通，因此信号肯定不能传递给发动机 ECU，而发动机 ECU 收不到氧传感器的信号，认为是混合气过稀，一直处于加浓状态，所以造成喷油脉宽增加，出现尾气味重的故障现象。

③ 氧传感器的工作原理是 :当排气成分因混合气浓度变化时，会引起排气中氧含量的变化。而氧含量的变化，可以使氧传感器输出不同的电压信号：混合气为稀时，输出 0.45V 以下的信号；混合气浓时，输出 0.45V 以上的电压信号。信号电压应在 0.1~0.9V 之间变化为正常。

④ 氧传感器是一个电池型的传感器。在正常工作温度下，它可以直接输出信号电压，氧传感器的内阻还比较大，1MΩ 以上。短路信号线不会引起传感器损坏，但信号电压短路后为 0V，会让 ECU 误认为是混合气偏稀而不断加浓，造成该车混合气过浓故障。

⑤ 用尾气分析仪检测油耗高故障准确，最大的好处是排除故障后，通过数据分析能看到 HC 下降，燃烧效率提高，不用长时间、长距离试车，就能断定油耗高故障排除。



7.3 怎样用尾气分析仪判断缸垫是否冲坏

缸垫冲坏故障在实际维修工作中比较常见，传统的诊断方法也不少，比如观察散热器口是否有源源不断的气泡冒出；或是拆检火花塞，通过对比各缸火花塞不同的燃烧痕迹来判断；或是缸垫损坏严重时，看是否出现冷却液进入机油后的乳化现象。但这些方法都是在缸垫冲坏比较严重的情况下才容易判断。对于轻微的缸垫损坏，早期的缸垫损坏，以上方法都不好用。

尾气分析仪可以检测尾气中有害气体的成分，并且它的精度是百万分之一，非常精确。我们可以利用这个设备高精度的特点来判断缸垫是否损坏。

在以往缸垫轻微损坏后，形成气缸压缩与冷却系统之间漏气的故障现象难以准确判断，而利用尾气分析仪检测冷却液罐中是否有 HC 成分排出，则可以快速确诊，比其他方法更科学、准确。不过，凡事有特例，我们遇到过的一辆使用天然气和汽油双燃料的车，就出现了一个奇怪的现象，具体情况请大家看以下两个案例。

案例 1——2008 年款宝来 1.6L 冷却液泄漏

车　　型：2008 年款宝来，发动机排量 1.6L。

故障现象：发动机冷却液有泄漏，添加足够冷却液后第二天又出现缺冷却液。目视发动机室，没有发现明显的冷却液泄漏处。该车在其他修理厂维修多次，故障始终没有排除。

故障分析：根据以上故障现象对该车进行实际分析，可能有两种原因：一是多处微漏造成耗冷却液；二是发动机缸垫密封性损坏，造成冷却液从燃烧室排出。以上这两种故障现象都会造成耗冷却液且看不到冷却液渗漏的故障现象。

根据以往的经验，先确认缸垫是否损坏。拧开冷却液罐盖，用尾气分析仪检测是否有 HC 排放。经过测量，发现 HC 明显升高，到 200×10^{-6} 还在上升，说明确实存在缸垫损坏故障。车主看到我们的检测方法和检测数据，信任地把车交给我们维修。我们并没有放松，接着检查是否还存在其他的渗漏点。

因为宝来这个车型的小水管比较多，车辆老化以后，特别容易出现冷却液泄漏现象。

我们用上了第二件有力武器——冷却系统压力测量仪。给系统加压到 1bar，发现后五通管处有渗漏。没有发现其他地方有问题，检查工作告一段落，给车主报维修方案及维修价格，客户同意后，再开始维修。



拆下缸盖后，确认缸垫被冲坏，并且发现缸盖上有明显腐蚀，需要焊补，实际情况如右图所示。再次与客户沟通后，将缸盖进行了焊修，将有缺陷的位置用氩弧焊补焊，并且进行了磨平处理。

在安装缸盖前，用塞尺配合钢直尺进行缸盖平面度的检测，平面度误差不超过 0.01mm 为合格，确认正常后装复。

将该缸垫更换后，加足冷却液后着车试验。为了检验维修质量，再次用尾气分析检测冷却液罐中的 HC 成分，发现仍旧有 HC 不断冒出，只是维持在（30~40）$\times10^{-6}$ 之间。对于这个数据是否可以说明缸垫再次损坏，我们不敢下结论。因为维修人员在维修过程中十分认真，该处理的地方都处理了，因此决定让车主先使用一段时间，观察是否会再次出现冷却液泄漏或温度高等类似问题。

经过一个月的使用，车主反映说一直没有出现冷却液泄漏或温度高的问题。通过对此车的维修，我们总结出，从冷却液罐中检测到轻微的 HC 是正常的，不必维修，有可能是铁皮缸垫的问题。缸垫起到的是动态密封作用，如果漏气极微小，则对燃烧也不会有影响。暂时确定，低于 50×10^{-6} 以下的 HC 且不持续升高，是正常的情况。

通过以上的案例，还有另外几起类似的案例，我们对用尾气分析判断缸垫是否冲坏有了信心，也更运用自如。如果缸垫有轻微的损坏，首先表现在冷却液中混有发动机燃烧后的废气，正常情况下，缸垫能起到良好的密封作用，能把机油、冷却液和燃烧室的气体很好地隔离开。当缸垫损坏后，一般会导致燃烧室的气体与冷却液之间产生窜气，这时如果我们用尾气分析仪检测冷却液罐中是否有 HC，就能判断出缸垫是否损坏。

如果在冷却液罐中发现有 HC 成分达到了 50×10^{-6} 以上，并且是连续不断地出现，则可以确认缸垫损坏。在判断上找到了数据依据后，我们能更准确地判断故障。

较为严重的情况是某缸因为缸垫窜气已经不工作了，这时会产生 HC ；而当发动机缸垫损坏不严重时，也可能会检测到 CO 和 CO_2，这说明也是缸垫损坏。因为 CO_2 和 CO 都是燃烧后的产物，说明该气缸有正常燃烧，缸垫损坏比较轻微。

根据经验，我们总结出来，如果在冷却液罐中测量到了 HC 的成分，或是 CO_2 和 CO，都说明可能是缸垫损坏。为了更加准确，可以反复测量多次，也可以用吹尘枪把冷却液罐内部空间吹扫后反复测量，这样可以确认是否有源源不断的尾气成分从冷却液中冒出来。如果冒出的尾气成分是连续不断的，并且 HC 超过 50×10^{-6}，就可以基本确认缸垫损坏。为什么说是基本确认呢？因为我们曾碰到过一个奇葩的案例——“捷达冷却液温度高”。

总　　结

① 此车在其他修理厂检查维修多次，始终没有进行彻底维修，就是不确定缸垫是否损坏。我们通过尾气分析仪准确判断为缸垫损坏，客户十分认可这种检测方法，当然也就顺利进行了维修。

② 此前我们遇到过一辆宝来，也是冷却液温度高故障，三次返工，才将车修好。总结出的经验是这款车型设计上小水管较多，长时间发动机室内的高温，易导致这些塑料水管破损，从而使冷却液泄漏。还有就是保养上的不到位，不能每年对发动机散热器和空调冷凝器外表进行清理，造成发动机室内高温，加速配件老化。

③ 冷却液温度过高极易造成缸盖变形，缸垫损坏，所以维修冷却液温度高故障，可通过尾气分析首先判断是否缸垫损坏。这种方法快速且准确，对维修质量提高十分有帮助。

④ 长年不更换冷却液，易造成铝质缸盖被腐蚀。这也是引起上述故障现象的原因之一。

⑤ 除了使用尾气分析仪判断故障外，还有一个可以主动给冷却系统加压的设备，就是冷却系统压力测试仪。这个设备解决冷却系统渗漏问题很好用，值得大家借鉴。

案例 2——双燃料捷达冷却液罐中有 HC 排出，冷却液温度高

车　　型：双燃料捷达（出租车），已经行驶 35 万 km。

故障现象：车主报修该车冷却液温度过高，有“开锅”现象。

检查并清洗散热系统，清洗散热器内外。试车，冷却液温度显示正常，但用尾气分析仪检测冷却液罐中的 HC（想判断是不是缸垫也因为高温损坏）高达 300×10^{-6}。根据以往经验，我们判断该车缸垫损坏，于是更换缸垫。

更换完缸垫后，再次检测，发现仍旧有 60×10^{-6} 左右的 HC。因为有了以前维修宝来的经验，所以没有确认缸垫一定损坏，而是让车主行驶几天试试。

结果，行驶几天后，发动机再次出现高温故障。这次观察发现散热器从热敏开关处漏水。于是更换散热器，试车，没有发现其他问题。几天后，再次出现冷却液温度高的问题。

用尾气分析仪检测冷却液罐中的 HC，仍旧在着车后达到 200×10^{-6}。

检查冷却系统，压力十分大，刚好是到了晚上，便没有再去检查。第二天拧开散热器盖，又喷出了许多水。车放了一夜，怎么还会有这么大的压力呢？

如果是冷却系统有问题，则温度下降后，应该就没有压力了。为什么一夜还能保持这么高的压力呢？

昨天车间刚好有一个小组加班，说听到此车有漏气声，声音好像来自天然气减压阀。

查看天然气的减压阀，其上有两根细水管。这两根细水管是用来给减压阀加温的，以避免减压阀因为气体膨胀而结冰引起故障。估计是减压阀内的膜片产生的与冷却液之间的泄漏，因为天然气的成分也是 HC。发现这一点后，我们把储气瓶上的开关关掉，再进行试验，结果冷却系统没有压力了，再从冷却液罐中检测 HC，也没有了，说明问题就在减压阀上。更换新的减压阀后交车。

后来，此车又因为节温器开度过小和几个部位的密封胶圈漏水进行了维修，最终冷却液温度高故障彻底排除。

该车车况较老，故障点有如下几个：①减压阀损坏；②节温器开度小；③密封胶圈漏水。在排除多个故障点时，由于维修人员不仔细，没有一次性的将车修好，引起返工。在本案例中要特别提醒大家注意的是，双燃料车的减压阀连接着天然气管路和冷却液管路，有可能出现两个系统之间贯穿的问题。遇到这样的，从膨胀水箱检测出 HC 的情况时，不要忽略检查减压阀。

总　　结

① 冷却液罐中有 HC 说明是缸垫损坏，因为正常情况下只有缸垫损坏，才会从冷却液罐中检测到 HC。但此车是一个双燃料车，我们忽视了这个问题，所以本来比较容易解决的问题，反而变成了一个盲点，造成此次故障的误判。

② 新知识要不断应用，尤其对于新的系统，更要多实践。灵活运用才能不断提高技术能力，不能生搬硬套，排除此故障得到了非常宝贵的经验，大家一定要注意 HC 究竟来自哪里。

③ 对于冷却液温度高故障，一定要试车，有些问题是多故障点的，否则就会出现上述反复返修的问题。

④ 在此车的维修过程中，因为散热器漏水更换了一个新散热器。这也是系统压力过大造成，加上散热器老化两重原因，造成热敏开关处漏水。

在我们日常维修中，如果是发动机高温故障，则可能会遇到如何判断缸垫损坏的问题。以前：拧开散热器盖看是否有连续不断的气泡冒出；看机油中是否混有冷却液；看冷却液中是否混有机油；看发动机是否总是不明原因地消耗冷却液；看火花塞上的积炭，如果个别缸的积炭明显很少，火花塞发白，则说明此缸的缸垫损坏……这些方法都是有效的，但有时发现不了轻微的缸垫损坏。在判断不准的情况下拆缸盖，容易误诊。如果不能准确判断缸垫是否损坏，也是误诊。尾气分析仪是诊断此类故障的有力武器，会轻松、准确的判定上述故障的原因，避免误诊。

⑤ 对于使用天然气和汽油的车，当从冷却液罐中测量到 HC 时，说明有两个可能：一是缸垫损坏；二是天然气的减压阀损坏。一定要考虑周全后再下结论，避免误判。

7.4 怎样找到“亚健康”的车

亚健康的特征：①没有故障码；②没有明显行驶异常以及其他故障表现；③有轻微油耗高，无其他异常。

1. 数据流

在大众车上，长期修正值一般存放在数据流第 32 组。32 组数据流第一区为怠速状态下的长期修正值，第二区为部分负荷时的长期修正值。[㊀]

当长期修正值为负数时，说明发动机 ECU 对喷油量做出了减稀调整，即如果不调整，混合气是偏浓的状态，而往往当长期修正值超过 ±25% 时，会存储故障码。在 10%~25% 和 -25%~-10% 之间。我们称之为故障状态。±10% 之间为健康状态。当长期修正超 10%，就意味着发动机 ECU 已经处于“亚健康”状态，并且有可能会出现轻微的故障表现。

2. 尾气分析仪数据

HC=（50~100）$\times 10^{-6}$，CO=0.01%~0.10%，λ 超出 0.99~1.01 范围，CO_2=13.85%~14.50%，O_2 超出 0.1%，NO_x 为（30~50）$\times 10^{-6}$，说明车辆处于亚健康状态。

上述数据不是孤立的数据，是一个参考数据，具体情况结合长期修正、短期修正。因为每一台尾气分析仪有所偏差，所以要多测量收集数据，总结经验。

找出亚健康车的意义

以往都是在车辆发生故障时才进行维修，或者是到了保养的里程数后进行保养——都属于被动保养或被动维修。作为技术人员，应有能力在车的病情形成之前就发现它。对于人来讲，脱离亚健康可以提高工作效率，提高工作与生活质量；对于车来说，如果我们能早期发现车辆亚健康，就可以有的放矢，既不无病乱治，也不有病不治，科学分析病情，合理用药，帮客户省钱。不盲从于按里程数保养，也不消极等待病情发作之后影响行车，甚至污染环境。选择合理的时机用药，才是最有价值的工作。

一个修理厂，从养成收集数据的习惯，到应用数据分析问题，除了管理者主动要求外，更取决于员工是否有执行力，也是考验修理厂技术是否有根的标志。有了技术之根，就能不断在工作实践中吸取营养，让企业的大树生命旺盛，有源源不断的解决技术问题的能力，提高企业在市场上的技术战争能力。

车辆亚健康的理念，是由阚老师提出的一个先进理念，我们只是刚刚起步。这把个先进理念变成我们的领导技术行业发展的实际能力，需要大家共同努力。不断应用尾气分析收集大量的病例数据，不断综合运用解码器、尾气分析仪分析故障原因，所以，我们要建立收集数据的习惯，在工作中不断学习，不断总结，不断交流，在大量数据的基础上找到更为精确、实用的行业标准，为行业的技术发展做贡献，为环境保护做贡献！



㊀ 部分负荷是指除怠速和全负荷工况之外的工况。实际上是汽车在行驶状态下，大多数时间都处于部分负荷。

7.5 怎样用尾气分析仪检验“三清”产品的质量

产品质量的好坏直接影响维修质量，在深化保养中经常做的三清——进气道、三元催化转化器以及汽油油路清洁剂是不是有效，以前没有有效的检测手段。要想了解三清产品是否有效只能听车主或供货商的描述。这样往往不及时，不真实。而现在尾气分析仪为我们提供了很好的检测手段。我们只要在进行上述保养前检测并记录尾气成分，在保养后再次检测记录尾气成分，然后进行对比，就能轻松看到三清产品是否有效。

上述三个免拆保养项目都是为了提高燃烧效率。如果真的有效的话，那一定会通过尾气数据反映出来。到底是不是这样呢？我们用尾气分析仪检测了某品牌的进气道积炭清洗剂的使用效果，详情请看右表。

怠速			高怠速		
成分	保养前	保养后	成分	保养前	保养后
HC（$\times10^{-6}$）	36	18	HC（$\times10^{-6}$）	59	19
CO（%）	0.17	0.0	CO（%）	0.21	0.03
NO_x（$\times10^{-6}$）	84	7	NO_x（$\times10^{-6}$）	32	4
CO_2（%）	20.00	20.00	CO_2（%）	20.00	19.99
λ	0.996	1.000	λ	0.995	1.000
O_2（%）	0.00	0.00	O_2（%）	0.00	0.00

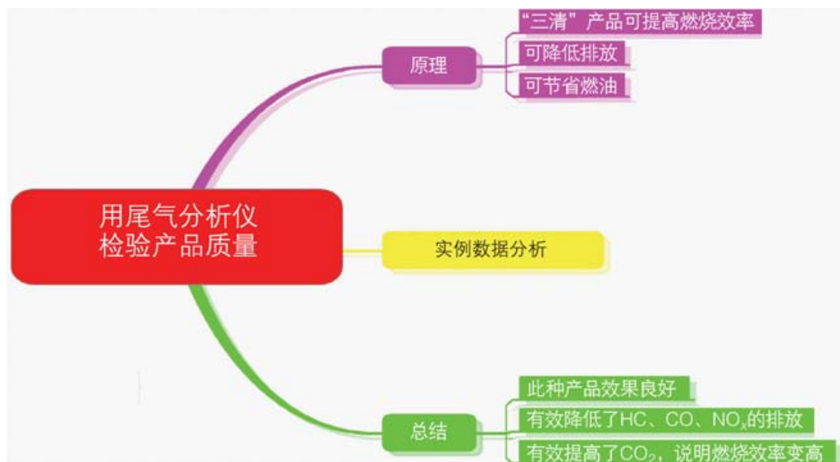
此表是在一辆马自达323轿车上进行保养前后的尾气数据——用某品牌的免拆清洗剂清洗进气道和三元催化转化器的积炭，再添加汽油油路长效清洗剂。另外，在清洗此车进气道时，排气管有蓝烟冒出，也表明清理是有效的。

在检测尾气时，从2500r/min到怠速松开加速踏板时，CO上升到1.1%；清洗进气道积炭，松开加速踏板时，CO仅上升到0.1%。这种变化说明清洗是有效的。

此车数据说明，该车的清洗十分有效。该产品效果显著。以下是捷达车的保养数据，此车仅清洗了进气道积炭，加了长效燃油添加剂，行驶7km后进行检测。

怠速			高怠速		
成分	维修前	维修后	成分	维修前	维修后
HC（$\times10^{-6}$）	43	30	HC（$\times10^{-6}$）	34	21
CO（%）	0.15	0.04	CO（%）	0.03	0.00
NO_x（$\times10^{-6}$）	163	104	NO_x（$\times10^{-6}$）	72	33
CO_2（%）	20.00	20.00	CO_2（%）	20.00	20.00
λ	1.000	1.000	λ	0.999	1.000
O_2（%）	0.00	0.00	O_2（%）	0.00	0.00

从表中数据可以看出，高怠速时的HC下降，尤其是怠速的CO下降最为明显，由原来的0.15%下降到了0.04%，NO_x下降也比较明显，说明该品牌产品也是十分有效的。



7.6 怎样用尾气分析仪检验大修发动机的维修质量

发动机经过大修，缸筒、活塞、活塞环以及曲轴等机械压缩系统都恢复到了新发动机的水平，为发动机的燃烧提供了一个良好的基础。通常情况下，火花塞也是新的，喷油器也是要清洗的，进气系统节气门处于干净的状态，进气门和排气门也是新加工的，几乎所有机械装置及供油点火系统都应该恢复到一个良好的状态，自然混合气的燃烧也应该是良好的。

大修后，一般的质量检验要保证机械系统无异常噪声，无漏水漏油，电控系统无故障码，冷却液温度控制正常，尾气的燃烧质量也应该是良好的。只有三元催化转化器一般不会更换新的，但在现代的汽车维修理念中，也应该对其进行检测，以保证尾气合格，才算是一次完美的大修过程。

尾气分析仪属于结果分析法的检测设备，很适合做大修后的质量评估。利用尾气分析仪做大修质量评估，前提条件是没有故障码，发动机处于热车状态。

以下是我厂一辆帕萨特 B51.8T 发动机大修后的尾气排放表。

	成分	数据
高怠速	HC	28×10^{-6}
	CO	0.05%
	NO_x	64×10^{-6}
	CO_2	20%
	λ	1.000
	O_2	0.0%
	成分	数据
怠速	HC	28×10^{-6}
	CO	0.0%
	NO_x	44×10^{-6}
	CO_2	20.00%
	λ	1.000
	O_2	0.0%

从上表数据可以看到，此车的燃烧效率非常高。各项有害气体的排放也非常低，发动机处于燃烧良好的状态。

由此可以得出这样的结论：

① 机械压缩系统维修成功，为燃烧提供了良好的机械压缩基础，缸筒、活塞、活塞环密封良好。

② 配气相位正确，为燃烧提供了良好的前提条件。

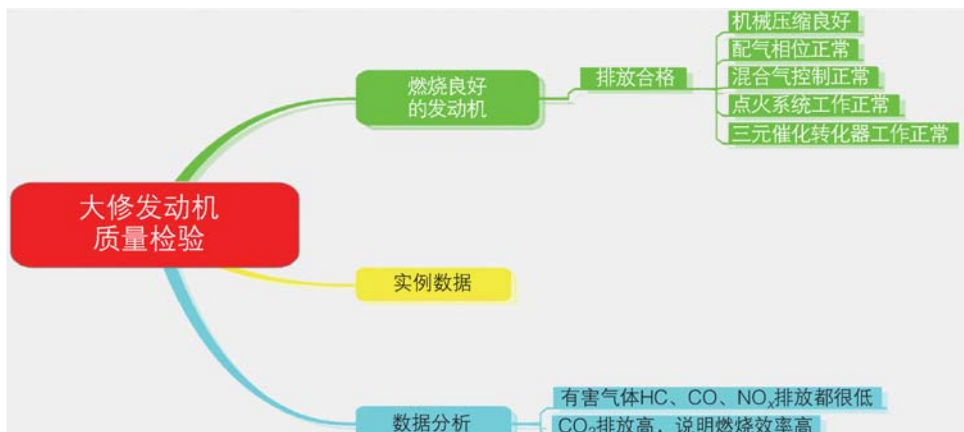
③ 点火系统工作良好。

④ 电控燃油喷射系统工作良好，为发动机提供了控制精确的混合气。

⑤ 三元催化转化器工作良好，有效地对尾气进行了催化净化作用，符合国家环保要求，可以通过验车。

综上所述，该车大修质量合格。

以前检验大修质量，仅仅是从其他方面进行检查，对排放是否合格关注得比较少。但随着环境污染越来越严重，我们每一个同行都应该从自身做起，把保护环境作为维修质量中重要的一环，除了要保证故障现象排除以外，并且要符合环保要求，才算是真正维修合格的标准。



7.7 怎样用尾气分析仪诊断疑难故障

之所以称为疑难故障，是因为疑难故障涉及的问题比较多，难以在诊断过程中进行有效的排除。尤其对于偶发性的故障，故障现象随机出现，转瞬即逝，无法进行有效检测，给诊断工作带来了难题。有什么方法可以解决这类难题呢？综合数据分析是指对解码器、示波器和尾气分析仪等设备的检测结果，进行综合分析，从不同的角度思考、推理故障形成的原因，再结合故障现象与维修者的经验，最终锁定故障，找到病因。

在下面的案例中，通过尾气分析仪 + 示波器 + 万用表 + 解码器，从不同的角度进行数据收集，解码器数据流中的进气量 + 发动机负荷 + 长期、短期燃油修正 + 笔者的经验，这个综合案例可以使我们进一步加深对发动机空燃比偶发性失调的理解。希望各位读者能通过此案例领悟到更多的诊断思路！我们的方法是：全面检测 + 数据综合分析 + 经验 + 总结梳理。

桑塔纳 3000 偶发性怠速熄火

车　　型：桑塔纳 3000；生产日期：2009 年；已经行驶 23 万 km。

故障现象：发动机怠速偶尔不稳，严重时会自己熄火，故障发生时，有可能是热车也有可能是冷车没有规律。

故障出现时，怠速游动，有时能自己恢复正常。测量怠速状态汽油压力为 2.5bar，急加速可以达到 3.0bar。检测结果说明汽油压力正常，估计故障原因没在这方面。

用解码器读取故障码，只有一个后氧传感器加热线路的故障码。分析认为，后氧传感器只是起到三元催化转化器工作效率的监视作用，对发动机混合气调节没有作用，与故障现象没有关系，暂时不予考虑。

经过反复测量，终于在故障出现时，用解码器测量到了故障状态时的数据流，此时出现怠速过低，发动机开始抖动，进气量为 4.0~9.0g/s，喷油脉冲也会超过 9ms 之多，故障持续 1min 左右，不用处理，过一段时间后，怠速转速恢复正常，此时，进气量反而变小，小于正常值，约为 2.3g/s，此时的怠速基本正常。在测量数据过程中，数据还在不断变化，如下表所示。

组号	1区	2区	3区	4区	分　析
1	840r/min	97.0 °	-25.7%	00111111	从左侧数据看到，该车的进气量比正常车（2.8~3.0g/s）大，喷油时间比正常车偏长，并且在测量过程中处于不稳定状态，仍旧在不断变化，从 3.8 变到 9.0g/s 左右
2	840r/min	22.6%	3.7ms	3.8g/s	
3	840r/min	4.0~9.0g/s	3.9%	16.5 ° VOT	
4	840r/min	13.160V	98.0℃	45.0℃	
5	840r/min	23.3%	0km/h	怠速	
32	-6.8%	-3.6%			

从表中的数据看，进气量和喷油量有偏离正常值的问题，但当时故障现象并不明显。正常车喷油脉宽约为 3.0ms，此车约为 4ms，明显偏高。此时测量该车的尾气，得到右表。

成分	高怠速	怠速
HC（$\times10^{-6}$）	110	238
CO（%）	0.86	0.47
NO_x（$\times10^{-6}$）	28	14
CO_2（%）	14.47	14.37
λ	0.970	0.980
O_2（%）	0.00	0.00

从表中看到，HC 明显偏高，CO 明显偏高，说明此车当前的故障是混合气过浓。

再用解码器读取数据流，发动机怠速状态下 2.3g/s 的进气量明显过小，但此时怠速基本稳定。由设计原理可以

知道，发动机维持怠速运转时，最小进气量不会低于原车设计，只与转速有关。当发动机转速正常时，进气量会在一定的范围内。对于此车，我们以前测量到的正常数据为 2.8~3.0g/s，不会低到 2.3g/s 的进气量。所以，我们认定 2.3g/s 是故障数据，为什么会出现这样的问题一般进气量小的原因有两个：一个是空气流量计后面有漏气；另一个是空气流量计损坏。为了更快排除故障，我们直接用一个新空气流量计再次测量，进气量仍旧为 2.3g/s。从另一方面验证故障，用万用表直接测量空气流量计输出的信号电压，为 1.26V。由以前的经验得知，正常热车怠速状态下，信号电压应该为 1.414V。经过以上的测量，说明在空气流量计后方存在漏气，有部分空气未经空气流量计计量，造成目前的故障现象。

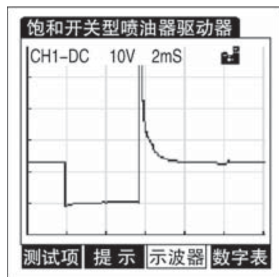
确定方向后，对此车空气流量计后方的进气管进行检查。空气流量计与废气管连接正常，没有漏气；直接拔下通向真空助力泵的管子后堵上，数据没有变化；再把活性炭罐管子拔下后堵死与进气软管上的接口，数据不变化；检查炭罐电磁阀，不漏气；检查节气门后方的汽油压力调节阀管子，不漏气；检查二次空气喷射的管子，不漏气；检查喷油器胶圈，不漏气。气门室盖上的 PVC 阀是常见的易损坏的配件，直接更换新件也不起作用。

经过上述一系列检查，没有发现漏气的地方，问题又回到了原点，我们不能解开故障的怪圈，总是在原地打转儿。实在找不到问题所在，怀疑是不是发动机 ECU 出现问题，经过检查，确实发现发动机 ECU 内部电路板有进水的痕迹，包括发动机 ECU 插头也有生锈的痕迹。分析认为，故障原因就在发动机 ECU 内部进水后引起。实际情况如右图所示。

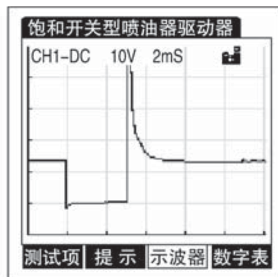


定购新的发动机 ECU 并更换后，发现故障仍旧存在。虽然没有明显的怠速不正常现象，但可以看到，怠速时的进气量仍旧偏小。更换发动机 ECU 前后没有明显变化。

刚发现的一个故障线索又被排除了，怀疑维修思路出现问题，是否此车是改进软件的版本，2.3g/s 是正常的进气量？刚好有一辆同型号的车辆来维修，经过检查，发现正常车辆在怠速状态下为 3.0g/s，用示波器分别测量正常车的喷油脉宽和故障车的喷油脉宽，进行相互比较，如右图所示。从波形上看，故障车的喷油脉宽比正常车的要宽，但总感觉有点异常，不知如何下手。



故障车的喷油



正常车的喷油

更换发动机 ECU 未能排除故障，并不能说明发动机 ECU 内部没有问题。因为此车故障现象存在不稳定性，实际上有可能是偶尔混合气偏浓，又偶尔偏稀。而偏浓的原因以及当时进气量偏大的原因与发动机 ECU 本身进水应该是有关系的，说明上述情况出现混合气过浓可能是因为电路造成的。而混合气过稀以及进气量偏小的问题，则可能是机械原因造成的。通过以上分析认为，此车故障有可能是两个或多个原因造成的。

换上新 ECU 后试车，行车基本正常，但 EPC 灯点亮。用解码器读取故障码，显示为“制动灯开关故障”。进入数据流“226”组读取数据，踩下制动踏板，数据流中没有变化。用万用表检测 ECU 插头处，有正常的电压变化，说明制动灯信号送到了 ECU 插头上。把旧 ECU 装上后，再读取数据流，制动灯开关信号可以从数据流中看到正常的变化，说明制动灯开关没有损坏，并且线路正

常。新换上的发动机 ECU 有故障，ECU 内部相关于制动灯信号部分的电路有故障。

尽管新 ECU 有故障，也应尽量收集该 ECU 数据。在着车后，数据流中显示进气量为 2.3g/s 左右，由此我们验证此车的进气确实存在漏气，不可能两个 ECU 都产生一样的故障，所以要进一步把进气管拆下找进气量偏小的原因。

将进气管拆下后，将进气管下方机体上的废气阀拆下检查，发现塑料老化，一并更换。对拆下的进气管垫进行检查，没有发现漏气痕迹，节气门与进气软管之间没有橡胶垫，经核实，此车设计是经改进的，也不是问题所在，但为了增加密封性能，在进气软管与节气门之间抹上了密封胶。将进气管重新装复后试车，回厂后发现怠速状态下，进气量为 2.5g/s，虽然没有达到正常值，但往好的方向上有所变化，怠速着车 1min 后，进气量升到了 2.9g/s，到此我们认为故障排除。

下午上班后，准备交车，接上解码器再次观察数据，发现数据又变回了 2.3g/s，看来我们并没有找到真正的问题，只能重新进行检查。再次检测汽油压力，怠速为 2.5bar，急加速可以达到 3.0bar。故障出现时，汽油压力稳定，说明故障另有原因。是否是冷却液温度传感器不稳定，出现偶发性的变值故障呢？用解码器观察数据流中第 4 组第 3 区数据，始终在 94~100℃之间变化，冷却液温度传感器工作正常也可以排除。

最后把目光转到进气系统漏气的可能性上来。空气流量计后方肯定存在漏气，为了缩小检查范围，我们采取了一个小技巧——反复着车后熄火，在发动机熄火瞬间仔细倾听是否有真空漏气的声音（如果有说明在节气门后方存在真空漏气；如果没有，则说明漏气点在空气流量计与节气门之间）。结果没有听到，说明漏气在空气流量计后方与节气门前方。

将发动机熄火，将气门室盖上的 PVC 阀拆下后，堵死进气软管接口，没有效果。再把活性炭罐电磁阀拔下，堵死与进气软管相连接的接口，发现进气量升到了 3.0g/s。用嘴对着活性炭罐阀直接吹气，发现活性炭罐电磁阀一直处于通气状态。在断电状态也无法关闭严了，说明炭罐电磁阀损坏。

把活性炭罐电磁阀与进气软管相连接的管子堵死后，再次测量数据流，发现进气量变成了 3.0g/s。其他数据见下表。

组号	1区	2区	3区	4区
1	840r/min	98.0℃	-2.34%~0.78%	00111111
2	840r/min	19.55%	4.08ms	2.83~3.17g/s
3	840r/min	3.08~3.11g/s	0.78%	8.25° VOT
4	840r/min	13.160V	99.0℃	51.0℃
5	840r/min	18.8%	0km/h	idling
32	0.38%	-0.78%		
33	4.96~3.13%	1.52V		

为了多方面验证故障，再次用尾气分析仪测量了尾气，见下表。

	成分	故障状态	活性炭罐阀堵死后		成分	故障状态	活性炭罐阀堵死后
高怠速	HC（$\times10^{-6}$）	110	57	怠速	HC（$\times10^{-6}$）	238	85
	CO（%）	0.86	0.20		CO（%）	0.47	0.09
	NO_x（$\times10^{-6}$）	28	38		NO_x（$\times10^{-6}$）	14	21
	CO_2（%）	14.47	13.99		CO_2（%）	14.37	13.72
	λ	0.970	0.990		λ	0.980	0.996
	O_2（%）	0.00	0.00		O_2（%）	0.00	0.00

从前后数据对比，可看到此车故障在堵死炭罐阀管子后，已经恢复到正常范围。虽然 HC 和 CO 仍旧稍高，但已经大幅下降。从混合比修正系数上看，混合气调节已经恢复正常。之所以 HC 和 CO 仍旧偏高，可能是三元催化转化器老化所致。故障到此为止，虽然没有最终排除，但已经找到故障原因——活性炭罐电磁阀关闭不严。

总　　结

① 此车的进气量在正常状态下是一个重要的参考数据，2.8~3.2g/s 为正常范围，低于 2.8g/s 一定是有问题，不是空气流量计本身损坏，就是在空气流量计后方存在漏气。直接测量信号电压，状态良好的车辆应为 1.414V，用万用表测量电压就能排除空气流量计损坏的可能。

② 维修混合气调节方面的故障，可以使用尾气分析仪，这是一个很好用的设备，可以缩小故障范围，在确定故障方面十分有用。混合气修正系数应为 0.99~1.01。

③ 示波器也是排除故障的有效武器，可以独立测量喷油脉宽，快速观察发动机 ECU 对喷油器的控制。正常情况下，此车型怠速热车无故障时的喷油脉宽应该在 3.5~4.1ms 之间变化，影响它的主要是喷油器的雾化与堵塞情况，以及活性炭罐电磁阀的占空比开度。

④ 在解码器数据流功能中，对于混合气调节方面的故障，我们重点关注发动机负荷在第 2 组中，它正常情况下应该是 18%~20%（1.8L 为 16%~18%，1.6L 发动机为 18%~20%,），此车最后测量到发动机怠速时的负荷为 19%，说明可能存在发动机老化，或是当时仍旧处于混合气长期修正的学习时间内，没有稳定下来。此数据在维修前为 22.6%，也明显偏离正常值。

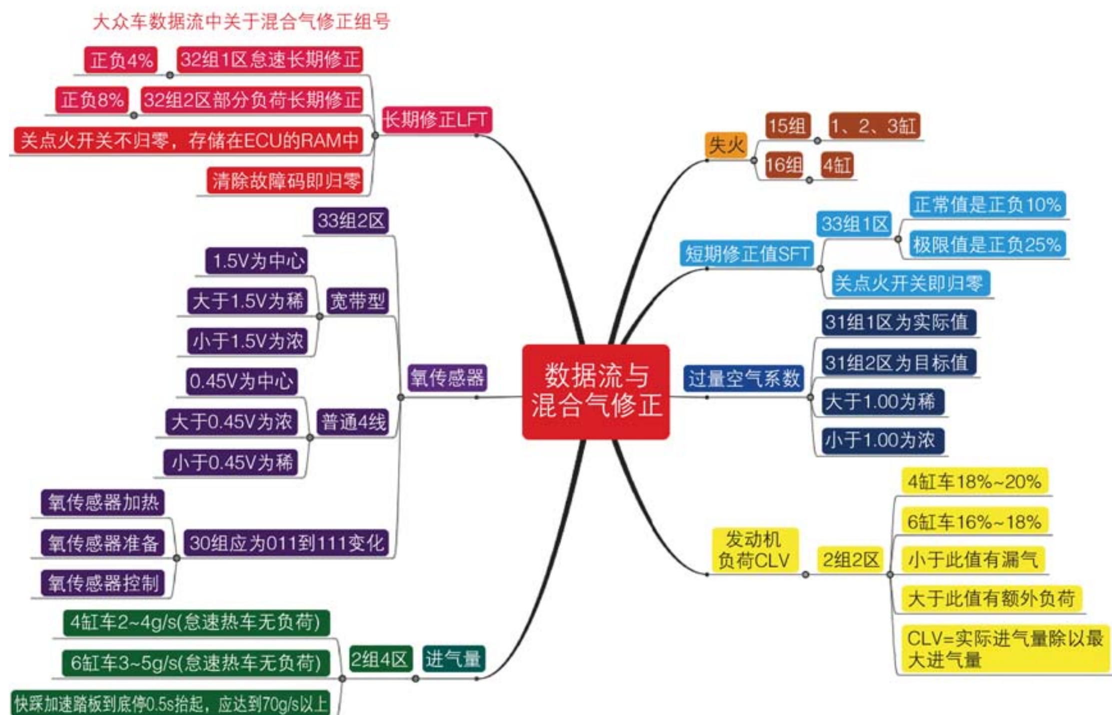
⑤ 在解码器中，关于混合气调节方面的故障，我们要关注的还有 32 组长期修正数据，其理论值应在 -10%~10%，实际测量正常的车在 -5%~5% 以内；第 33 组第 1 区为短期修正，应该在 -5%~5% 以内变化，第 33 组 2 区为宽带型氧传感器数据，应该在 1.52~1.54V 之间变化，不像 4 线氧传感器在 0.1~0.9V 之间变化。

⑥ 此车故障是由活性炭罐电磁阀损坏引起的，之所以难以排查，是因为这是偶发性故障，第一次检查时，炭罐电磁阀刚好处于正常状态，所以忽略了它。

⑦ 再次梳理整个诊断过程，发现在故障一开始时就有迹象可寻，当时已经发现进气量数据与混合气过浓数据有矛盾，但没有找到矛盾点。进气量偏小，混合偏浓，如果不是发动机 ECU 损坏，最有可能的就是炭罐电磁阀有问题。

⑧ 总结的妙处多多，用表格法对比数据，可以让我们直观地看到维修前后的变化，以判断维修是否有效；通过以上整理，我们发现很多重要的标准数据，要想快速排除故障，就需要综合考虑问题，从万用表到解码器，从示波器到尾气分析仪，设备使用要熟练，对电控发动机混合气调节原理精通，才能快速准确地诊断与排除故障。

⑨ 总结本案例，可以更加深刻地理解并且记住大众车混合气调节方面的知识，使之系统化，面对故障时用得上。



7.8 帕萨特 B5 起动困难且发动机缺缸

车　　型：帕萨特 B5；生产日期：2005 年；装 1.8T 发动机，该车已经行驶 13 万 km。

故障现象：起动困难，且着车后发动机缺缸。

接车后，确认故障确实如上所述。经过初步检查，发现气门室罩漏油，使火花塞孔内有不少机油，怀疑是因为机油的长期浸泡，使点火线圈绝缘损坏，引起漏电。但更换气门室罩后着车，发动机振动，有缺缸现象，进一步检查，确认为第 2 缸不工作。于是更换第 2 缸点火线圈及火花塞，但发动机缺缸现象并没有好转。拆下火花塞来观察，发现第 2 缸的火花塞明显偏黑，怀疑是第 2 缸喷油器存在漏油，使该缸混合气过浓而不工作，于是，对调 1、2 缸的喷油器，着车后试验，发现仍是第 2 缸不工作，但可以从解码器的数据流第 15 组中看到明显的 2 缸断火记录。难道是机械压缩系统出现了问题？测量第 2 缸气缸压力，与其他各缸相比，均正常。

用解码器读取故障码，显示有很多故障码。清除故障码后，再次读取故障码，显示只剩下 16726—凸轮轴位置传感器信号太小和 2 缸断火这两个故障码。综合以上的测量结果分析，认为此车问题比较复杂，因为在点火、喷油以及机械压缩方面都找不到明显的问题。所以换个思路，用尾气分析仪测量一下该车的燃烧情况。实测量结果见右表。

成分	体积分数
HC	4014×10^{-6}
NO_x	704×10^{-6}
λ	0.820
CO	0.27%
CO_2	11.18%

从尾气成分上看，因为 HC 严重超标，并且 λ 值小于 1，表明发动机混合气过浓。但为什么会形成这么浓的混合气，还不清楚。再次用解码器的数据流功能（第 15 组）观察失火记录，其中 2 缸（第 2 区）已经达到 500 次左右，而其他各缸断火记录都在正常范围内，均为 0 次。上述检测结果说明是 2 缸不工作。

在着车状态下，试着清除故障码，这时缺缸现象好转。发动机工作平稳，排气管排出的气体也不再有缺缸的冲击感了，但关于凸轮轴位置传感器的故障码还是无法清除。再次使用尾气分析仪测量尾气，此时的尾气成分见右表。

成分	体积分数
HC	43×10^{-6}
NO	223×10^{-6}
λ	1.000
CO	0.0%
CO_2	16.46%

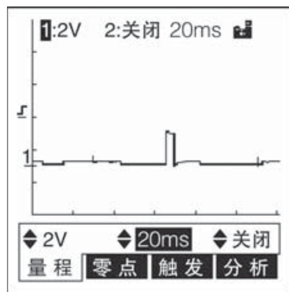
表中的数据中 HC 恢复到正常水平，λ 值也在正常范围（0.97~1.03）内，通过目前发动机的尾气成分，可以判定此时发动机燃烧已经恢复正常。由此可以推论出——该车故障是因为不明原因的混合气过浓引起，而不是因为硬件损坏引起，因为如果是哪个元件损坏，不可能在清除故障码后恢复正常。一定是一个不稳定的故障原因造成混合气过浓，再引起上述的故障现象。

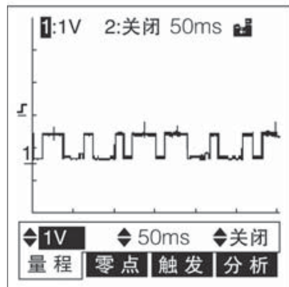
再次读取故障码，显示有“2 缸点火线圈对正极短路”的故障码，怀疑 2 缸点火线圈的线路有故障。检查 2 缸点火线圈线束插头孔内的端子，有些变形，进行整理，再进一步检查点火线圈线束插头背面上的密封胶套，发现 4 根导线有 3 根出现绝缘破损。经过处理后，用示波器测量波形，也在正常范围内，如右图所示。

对调点火线圈，波形没有变化。但为什么始终是 2 缸不工作呢？将火花塞插到点火线圈上，起动着车后，发现 2 缸的火花塞可以跳火。再次试验，发现只要清除故障码，发动机的工作状态就会变得平稳，发动机的排放也就恢复了正常。

把思路重新整理了一下，决定不再纠结于缺缸问题，改为寻找凸轮轴位置传感器的故障码。用万用表测量凸轮轴位置传感器的三线插头上的电压，发现 1 脚为 5V，2 脚为 0.7V，3 脚为 0V。用

示波器观察信号脚上的电压波形，如右图所示。



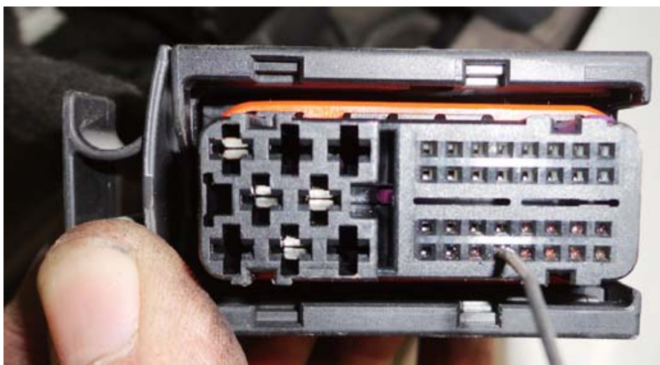


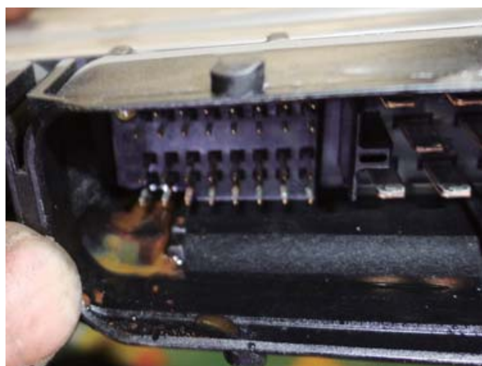
由图可以看出，波形的幅度明显变低。虽然有波形，但幅度不够，怀疑是发动机 ECU 发生故障或是线路出现问题。

查阅图纸得知，凸轮轴位置传感器的三个引脚分别为电源信号和负极，其正常电压应该为 5V、12V 和 0V。与实际测量结果（5V、0.7V 和 0V）相比较，发现信号脚电压偏低，怀疑与此相线相关的电路有故障。于是再次查阅图纸，得知凸轮轴位置传感器信号脚（2 脚）与发动机 ECU 的 86 脚相通。把发动机 ECU 拆下后拔下 ECU 插头，测量该凸轮轴位置传感器线束插头的 2 号脚与发动机 ECU 线束插头的 86 脚之间的导通情况，发现导通正常，电阻为 0Ω，并且对搭铁也没有短路。

这时观察到 ECU 插头上有些脏物，怀疑是下雨进入的雨水，如下图所示。

但仔细观察发现，污物并不是水，而是油迹。但反复观察插头的外表面以及线束，包括发动机 ECU 外面的熔丝盒外罩，都没有发现有水或者是油迹，外表干干净净，那插头中的油污是从哪里来的呢？





这时想起曾在杂志上看到过类似的案例，因为线束内导线的毛细管作用，当线束的一头进入冷却液后，冷却液沿着导线内部的细铜丝（毛细管效应）流到了 ECU 插头处，形成短路。该车的故障原因也属于此类故障，并不是从插头外面漏进的油污，而是油污顺着导线的内部渗透到 ECU 插头上，最终造成短路，造成上述故障现象。

仔细把油污清理干净，再装车试验。这时测量凸轮轴位置传感器线束插头的 2 号脚电压，变

成了 11.30V，已经恢复正常。起动发动机，顺利起动着车，再清除故障码，上述两个故障码全部清除。经过试车，发动机动力恢复正常。不再有缺缸的感觉，回厂后再次测量，无故障码，系统正常。最后，再次测量尾气，见下表。

怠速	HC	48×10^{-6}	CO	0.08%
	NO_x	26×10^{-6}	CO_2	15.85%
	λ	1.000		
高怠速	HC	38×10^{-6}	CO	0.38%
	NO_x	327×10^{-6}	CO_2	15.55%
	λ	0.990		

从上述数据看，发动机的燃烧情况也恢复正常，起动困难和发动机缺缸故障现象排除，经过试车，行车正常。为了防止线束内的油污再次被吸上来，更换了气门室罩，清理了油污，客户经过 10 天左右的行驶回厂复检时，发现 ECU 插头干净，没有再次出现油污，说明故障已经彻底排除。

总　　结

① 该车故障由 ECU 插头被脏污短路引起，使凸轮轴位置传感器的信号不能正常送到发动机 ECU 内，形成起动困难故障。

② 2 缸不工作的原因，可能是 2 缸的点火线圈插头导线绝缘破损，引起短路，发动机 ECU 在检测到短路后，一方面存储相应的故障码，另一方面切断了对于该缸点火线圈的触发信号，使之无法输出高压火。因为短路部位时断时续，造成我们在观察该缸火花塞是否跳火时，误判为火花塞跳火工作正常。而在清除故障时，因为当时短路暂时恢复正常，发动机 ECU 恢复对 2 缸点火线圈的正常控制，于是 2 缸的火花塞开始跳火，2 缸开始正常工作，这时发动机工作状态变得平稳了。

③ 观察被脏污污染的发动机 ECU 插头，从 82 脚到 86 脚，明显有油污存在，除 86 脚为凸轮轴位置传感器信号脚外，其他几个引脚分别为 83、84（节气门位置传感器信号）和 82（曲轴位置传感器信号），造成混合比失调，起动困难。

④ 当所有故障排除后，发动机工作正常。试着拔下凸轮轴位置器插头，再起动发动机，虽然有着车迹象，但并未着车。说明虽然凸轮轴位置传感器的信号虽然偏低，但还能起到传递发动机正时信号的作用。

⑤ 该车在之前确实因为气门罩漏油更换过气门室罩，可能是因为这个原因造成了上述故障。在此也提醒广大同行注意这一故障原因，并且尽量避免因为气门罩漏油的现象出现。

⑥ 最终处理的只是 ECU 线束插头处的油污，而线束内部的油污无法彻底清除，但漏油的根源——气门室罩已经排除。出于对维修质量的负责，与客户约好，过几天回厂再次检查是否有新的油污出现。如果有油污，则再次进行清理。

⑦ 在维修此车过程中用到了示波器、万用表、气缸压力表、解码器以及尾气分析仪。各种仪器交叉运用，其中尾气分析仪虽然不能一下子确认故障部位，但可以帮助缩小故障范围，从发动机燃烧状态的好坏分析故障原因，起到快速、准确诊断疑难故障的作用。

7.9 怎样用尾气分析仪寻找汽油味的来源

如果车主报修说他的车可以明显闻到汽油味，我们一定要重视起来，必须找到汽油味的来源，因为这是着火的前兆，这是非常可怕的一件事。

有些车主提出的汽油味可能只在某个特定的条件下才会出现，可能汽油味比较轻微，或者车间内其他车辆排气中也会有汽油味，再或者你这两天感冒，嗅觉暂时不灵敏……这些种种不确定的问题都会困扰着你对故障的诊断，怎么办呢？

当汽油以气体形式出现时，我们会闻到汽油味，汽油的主要成分就是碳氢化合物。当它以液体形式存在时，就是汽油；以气体形式存在时，体积分数达到 1×10^{-6}（俗称 1ppm），人们就会闻到汽油味。HC 可以用尾气分析仪检测出来，哪怕是非常少的 HC。因此不要忘记我们手中有一个对汽油味十分灵敏的“电子鼻子”——尾气分析仪。它可以达到非常高的精度。

通过尾气分析仪，我们可以很专业地用科学的方法来寻找汽油味的来源，具体方法：打开尾气分析仪进行预热，预热完成后，将仪器设置成实时测量模式，用取样管靠近怀疑汽油渗漏的地方，同时观察仪器上 HC 的数据显示。如果在某一区域有明显上升的现象，则说明该处存在汽油泄漏。

需要注意的是，要保持车间内的通风，防止车间内有积累的 HC，影响检测的准确性。必要时可以用压缩空气进行吹扫，进行反复确认。

常见的汽油味来自于以下几个方面：

① 发动机燃烧不良，从排气管中排出的 HC 形成异味，通过空调外循环进入驾驶室内。

② 活性炭罐老化失效不能吸收汽油蒸气，产生 HC 排放到空气中形成异味。

③ 汽油箱的加油口密封不良，引起渗漏。

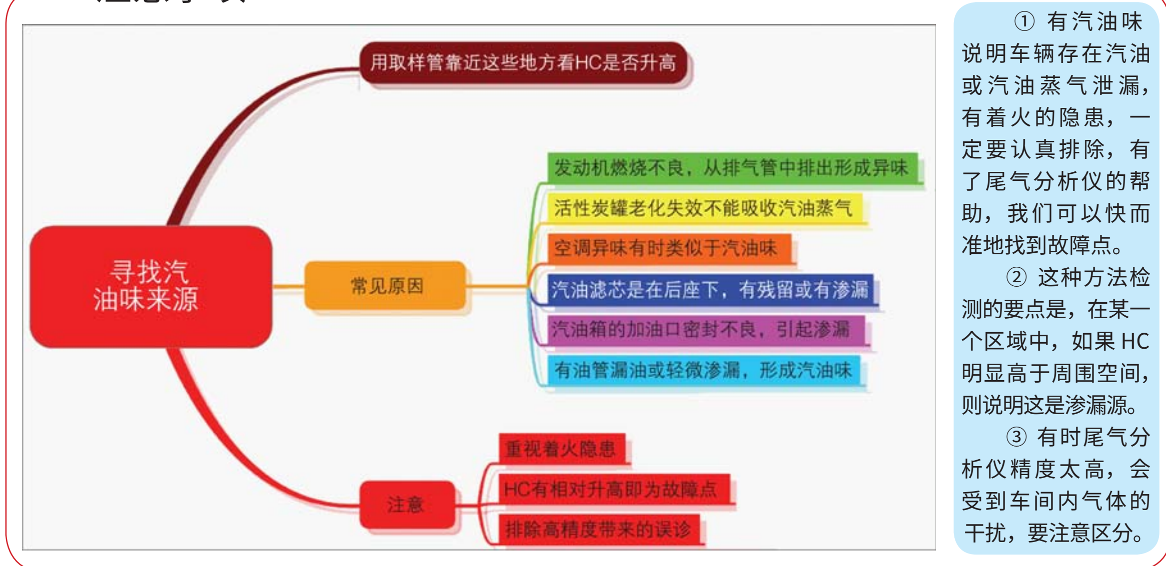
④ 有油管漏油或轻微渗漏，形成汽油味，用尾气分析仪的取样管探头沿汽油管移动，重点检查各个油管接头，看 HC 是否明显上升。如果有明显上升现象，则说明附近有渗漏。

⑤ 有些车的汽油滤芯是从后座下面进行拆装，有时会有残留或有渗漏，形成汽油味。

⑥ 空调异味有时类似于汽油味，被车主误认为是汽油味，可以排除汽油问题。

我们技术人员的嗅觉能力与常人一样，大多数汽油味是弥漫性的，只能从常见的油管接头部位检查做起，往往不能找到漏油或渗油部位。

注意事项



① 有汽油味说明车辆存在汽油或汽油蒸气泄漏，有着火的隐患，一定要认真排除，有了尾气分析仪的帮助，我们可以快而准地找到故障点。

② 这种方法检测的要点是，在某一个区域中，如果 HC 明显高于周围空间，则说明这是渗漏源。

③ 有时尾气分析仪精度太高，会受到车间内气体的干扰，要注意区分。

尾气治理经验总结 8

8.1 尾气治理总结

尾气超标车辆的治理工作流程

对于尾气超标的车：一定要先检测，保存数据，与检测站的数据进行对比；再用解码器检测发动机是否存在故障码，且故障码与排放是否相关；用红外线测温仪测量转速为 2000r/min 时三元催化转化器进出口温度记录。进行全面检测后，进行数据与检测结果的分析，确定维修方案，给客户报价并说明注意事项后再维修，不要盲目换件试验，一定要有故障分析、诊断的过程。

检测站上的数据仅有高怠速和低怠速的 HC、CO 和 λ，我们检测的数据还多 3 项。维修过程中的数据要实时上传到我们企业内部微信群，并注明是哪一步的数据，哪一车的数据。这样做的好处是，技术总监可以让客户可以在我们工作中看到数据逐步往好的方向上转变，而信任我们的工作。

具体故障现象与分析思路

① 某缸火花塞不点火时，会使 HC 升高，同时 O_2 升高，但 CO 和 NO_x 变化不大。

② 某缸喷油器不喷油时，发动机缺缸抖动，HC 上升，CO 下降，O_2 上升，λ 值上升。

③ 混合气过稀，表现为发动机抖动，因为混合气过稀，而无法点燃，使 HC 上升，CO 下降，λ 上升。

④ 喷油器雾化不良，怠速时 HC 上升，中高速好转，因为高速气流会改善雾化情况。

⑤ 进排气门间隙过小，会使 HC 和 CO 同时升高，在压力型电喷系统中，因为进排气门间隙会影响到进气管的压力，进而影响进气压力传感器的信号电压，使混合气过浓。

⑥ 直接从排气管中测量到的尾气成分，是经过三元催化转化器处理的，所以会出现 CO_2 超过 13.5%，甚至有些车可以达到 15% 以上。实际上，正常的车的尾气中，CO_2 的成分在怠速时为 14.00% 左右，高怠速时为 14.40% 左右（根据一辆没有装三元催化转化器的本田轿车测量到的结果）。经过三元催化转化器处理后的尾气，CO_2 会进一步升高。

⑦ 判断三元催化转化器工作好坏的最快的办法，是在 2000r/min 时测量三元催化转化器入口和出口的温度差。正常工作的三元催化转化器进口温度比出口温度低 30~50℃，这是因为 HC 和 CO 在三元催化转化器中燃烧引起的。精确判断三元催化转化器是否工作正常，可以用尾气分析仪测量三元催化转化器之前的尾气成分和之后的尾气成分，进行比较。

⑧ 当测量到三元催化转化器后方尾气成分 $HC>200\times10^{-6}$、CO>0.8%、$NO_x>100\times10^{-6}$ 时，表明发动机的燃烧出现较为严重故障，这也超过了三元催化转化器的催化能力。换句话说，一辆工作正常的发动机，其排气的有害成分一定小于上述值，也可以将其看作是上限。

⑨ $\lambda>1$ 为混合气过稀，$\lambda<1$ 为混合气过浓，λ 正常值为 0.97~1.03。λ 合格并不意味尾气的其他成分合格。正常值为高怠速时 $HC<100\times10^{-6}$，CO<0.3%，（微型车要求要低些，允许 HC 为 $<200\times10^{-6}$）怠速时 $HC<150\times10^{-6}$，CO<0.8%，λ 为 0.97~1.03。由此推出，因为存在测量上的误差，

所以维修后出厂的车，应该比标准小一倍，如高怠速时的 HC 应低于 50×10^{-6}，CO 低于 0.15%，怠速时 HC 低于 75×10^{-6}，CO 低于 0.4%，再经过试车，如果排放稳定的话，一般能通过检测。该标准适用于 2005 年以前的车。

⑩ 三元催化转化器工作过程中，先是 NO_x 分解成 N_2 和 O_2，然后 HC 和 CO 才能参与反应，所以 NO_x 的处理能力是考量三元催化转化器工作能力的一个重要参数。正常情况下，三元催化转化器可以对 100×10^{-6} 的 NO_x 起到催化作用，在极端情况下，可以让 NO_x 排放降低（300~500）$\times10^{-6}$。

⑪ 发动机冷却液温度低于正常值或三元催化转化器温度低于其工作温度时，都将使尾气不能通过检测。有些车型由于结构上的原因，三元催化转化器在检测前要至少进行 3min 预热，在 3500r/min 至少 3min，再去检测尾气，才有可能通过检测。

⑫ 各气缸压力差大于 2bar，表明发动机存在机械故障，其尾气检测是无法过关的。

⑬"烧机油"的车也是无法过关的，其 CO 和 HC 都将严重超标。

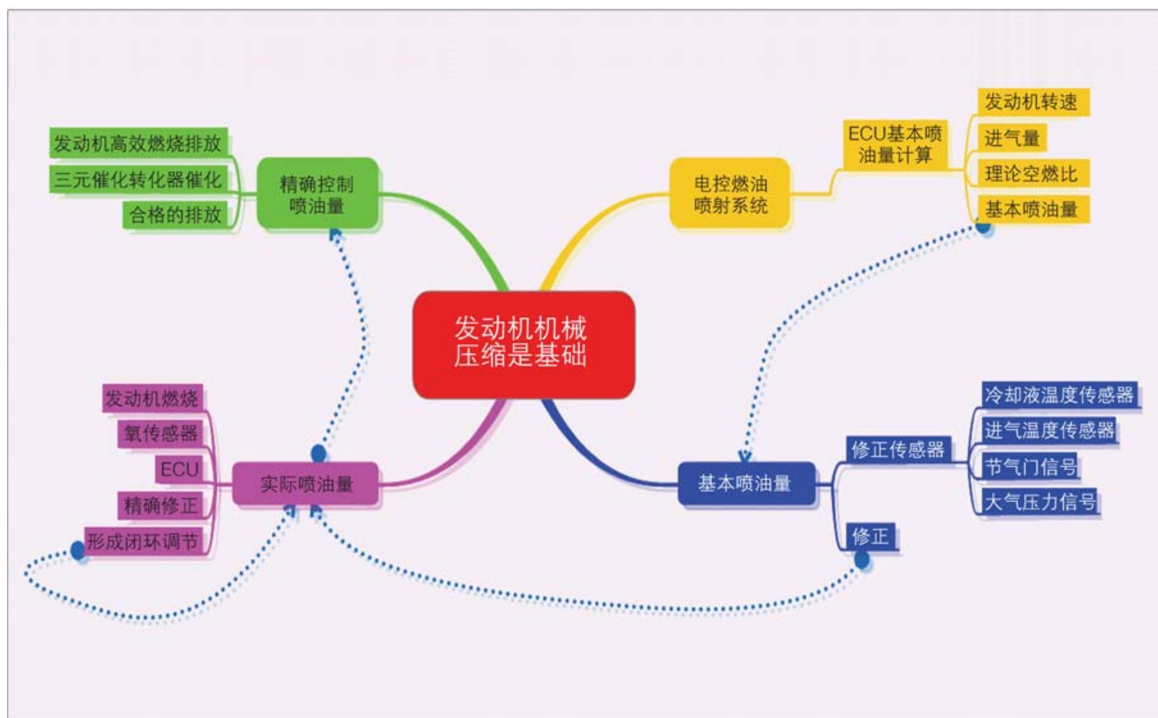
⑭ 配气相位错误会使发动机尾气超标。检测方法是用真空枪检测进气歧管压力，应为 $20lbf/in^2$（PSI）左右，也可用解码器读取数据流，看是否有凸轮轴位置传感器机械错误的故障码，或直接检查配气正时记号。

⑮ 合格的排放 = 合格的汽油 + 燃烧良好的发动机 + 工作正常的三元催化转化器。

⑯ 新装的三元催化转化器或新翻新的，都有一个"兴奋"期。在此期间，会超能力催化，但很快就会进入正常工作期；同样，氧传感器也有类似的表现。

⑰ 氧传感器的正常寿命为 16 万 km，随着汽油含铅量的增加而缩短。

⑱ 火花塞的使用寿命，普通电极为 3 万 km ；白金电极为 10 万 km，但一般 7 万 km 以上就会因为积炭而损坏。



8.2 怎样让尾气治理技术在汽修企业经营中落地

尾气治理技术利国利民，但如果没有合适的方案，车主没有意愿维修，或者修理厂对维修此类故障没有解决能力，则不能实现对汽车尾气的治理。

怎样才能把一件好事做好，需要多方面考虑。通过实践经验总结，我们辛集明雨轿车维修站通过尾气维修流程表解决了上述问题。

用数据说话，比其他都管用。对于车主来讲，数据是科学的，是可以看到的。

在一辆尾气超标的车上，假如问题比较多，则可以逐步治理，这样每一次都能使数据往好的方向上走。一是降低排放值，要达到国家要求，二是通过 CO_2 的升高，说明燃烧效率提高，这样不仅仅使尾气排放降低，还会使燃烧效率提高，使车更省油。

如果表中记录了故障码，则说明以前的车是有问题的；记录了数据流，则可通过与维修后的正常数据对比说明以前的数据是有问题的；表中第 4 项是参考车主以前做过的维修保养，没有必要就不重复维修，以免给客户增加费用；第 5 项是诊断结果，给客户提供维修方案。这样，每一步都清楚明白，跟看病一样，既能记录下维修保养的有效性，也能记录下客户不认可的问题。

表格还有几个方面的好处：留有技术档案，以便以后总结提高；约束员工不做过度维修，保证维修的有效性；有时技术总监不一定能每辆车都亲自参与，但通过检查表格，就能判断技师的工作是否有效。

这张表格虽小，但在实际运行中，起着不断改进工作、提高技术的重要作用。如果我们的修理工没有认真填写这张表格，那他所做的诊断可能会有失误。另外，从技术管理角度看，认真填写表格可以使维修更加严密。所以长远来看，该表是使企业生产效率提高、减少返工的管理工具。

这张表方便技术的管理，可以让技术总监“有据可寻”，用来控制维修质量和效率，操作性非常好；这张表可以，用来进行技术总结，使技术与理论在实战中不断进步，不断提高；这张表可以收集整理案例，进行管理方面的促进与提升。

如果遇到一辆在其他修理厂维修过的车，或者对原来的保养情况不明确的车，表中与客户沟通的内容就能起到参考作用，对于提高工作效率也十分有帮助。

总之，各方面的好处多多，落实汽修企业治理尾气的精华都凝结在这张表格中了。

在实际应用中，要让员工认真使用该表格，并且由技术总监负责定时整理，这样反复进行总结、改进，维修经验就可以不断积累，效率就会不断提升。再实用的工具，也只有“反复使用”才能产生效果。希望读者能充分应用好这张表格，并在应用中进一步加以改进。

尾气超标维修数据记录表

车型 ______ 车号 ______ 生产日期 ______ 排量 ______ 公里数 ______

1. 故障码：

2. 三元催化转化器进口温度 ______ 出口温度（怠速）______

3. 数据流：喷油脉宽 ______，冷却液温度 ______ 长期修正 ______ 进气压力 ______

前氧传感器 ______，后氧传感器 ______，短期修正 ______ 空气流量 ______

	成分	检测站数据	我机检测	过程数据	完工数据
高怠速	HC				
	CO				
	NO_x				
	CO_2				
	λ				
	O_2				
怠速	HC				
	CO				
	NO_x				
	CO_2				
	λ				
	O_2				

4. 已经做过的保养内容：

5. 数据分析结果：

维修技师签字：

8.3 尾气分析仪在实际操作中有哪些常见问题

① 五气体尾气分析仪只能检测汽油车的排放成分，不能检测柴油车的排放成分，因为柴油机排出的高浓度有害物质会很快堵塞整个废气取样系统，故四气分析仪不用于检测柴油机。

② 发动机暖机后才能使用尾气分析仪检测，因为只有在热车状态下发动机电控系统才能进入混合气的闭环调节，正常情况下此时的排放最低，才能准确反映发动机的真实排放。

③ 五气体尾气分析仪开机时会自动进行漏气检查，只能通过后才能进行尾气检测工作。

④ 尾气分析仪应放置在室内，要注意通风良好，避免在雨、雪、冰冻环境中使用尾气分析仪。

⑤ 读取数据前，不要让发动机怠速时间过长，以免影响测量结果。

⑥ 改变工况测试中，要让节气门稳住后再读取数据，排气管中排出的气体经过取样管的时间大约为 10s，如果是实时测量，要注意延时问题，避免误判。

⑦ 因为冬天发动机排气中易出现冷凝水，而尾气分析仪内部的光学装置进水后会被损坏，所以要避免冷凝水进入仪器内部，在检测前可加大节气门开度，尽量排出冷凝水，检测过程中也要随时避免冷凝水的进入。

⑧ 双怠速检测方法最终的结果会以表格的形式给出，如果出现转速偏差过大，可能会导致程序不能正常运行，得不到正常的检测结果。

⑨ 发动机转速拾取传感器的连接方法：

方法 1　正常情况下，取样的探头可以夹在高压线上，这是仪器厂家提供的方法，但有些车辆因为结构的原因，使用起来不方便。

方法 2　如果点火系统没有外露的高压点火线，无法夹上感应夹，则可以用一根合适的高压线连接点火线圈与火花塞，用感应夹夹住这根延长线，实现转速信号的拾取。

方法 3　如果 COP 系统的点火线圈为整体式，无法使用上述方法，因为要找 4 根高压线串接到点火线圈上也不可靠，容易损坏点火系统，可以将感应夹夹在驱动喷油器的一根导线上，完成转速的取样。原理是这样的，因为大多数车的喷油器的工作是脉冲式的，且电流将近 1A，低压导线上因为电流流过也会产生磁场，实践证明，这个磁场可以让感应夹拾取到转速信号。

方法 4　还可以夹在点火线圈的初级触发线上。同样的道理，此处也是低压脉冲式电流工作方式，其产生的磁场可以让感应夹拾取到，且频率与点火高压线的频率相同。

方法 5　仪器的厂家还提供由蓄电池上的纹波电压拾取转速的专用传感器，不过这个专用的探头价格不菲。

方法 6　如果转速无法稳定，则进行粗略测量时，可以按 K 键直接运行程序完成检测。但为了检测结果准确，应尽量将发动机转速保持在所要求的转速范围内。

还有个别车辆，采用 DIS 系统的点火方式，用感应夹拾取到的转速信号比正常时高一倍，且无法稳定工作，如伊兰特等车型。可以选取上面推荐的方法解决。

8.4 防治雾霾，国外都采取了哪些措施

一、英国

“伦敦烟雾事件”像一记重锤，使得英国人痛下决心开始整顿空气污染，并催生了世界上第一部空气污染防治法案《清洁空气法》的出台。通过一系列措施，到 1975 年，伦敦的雾霾日由每年几十天减少到了 15 天，1980 年降到 5 天。英国政府采取一系列措施来对抗由汽车带来的空气污染。

① 控制车辆 NO_x 的排放。从 1993 年 1 月开始，英国强制所有在国内出售的新车都必须加装三元催化转化器以减少 NO_x 的排放。对汽车尾气中 CO、NO_x 以及 HC 等成分进行严格控制，并在汽车年检中检测尾气中 CO、NO_x 等是否达标。

② 通过收取交通拥堵费和发展公共交通来限制私家车流量。自 2003 年 2 月起，伦敦市政府规定，收费区域为伦敦市中心 8.5km^2 区域（现在已扩展到了 22km^2），从周一到周五的早上 7 点至下午 6 点在收费区域内行驶，需要缴纳拥堵费。与此同时，伦敦优先发展公共交通网络，鼓励市民选择地铁或公交系统出行，并计划修建 12 条自行车高速公路。

③ 提倡自行车代替汽车。英国鼓励市民骑自行车绿色出行，建设 12 条自行车高速公路。

④ 伦敦政府在 2008 年推行了低污染排放区政策。在低污染排放区内行驶的车辆必须达到一定的排放标准，否则将会被征收费用。

二、美国

洛杉矶是美国的工业城市，从 20 世纪初就饱受大气污染的困扰。特别是 1943 年的“洛杉矶雾霾”事件和之后发生的“光化学烟雾”污染，让洛杉矶市政府和市民下决心采取措施根治雾霾。

① 首先从汽车入手。在洛杉矶，政府要求出售的汽车必须是“清洁的”，而且要求 1994 年以后出售的汽车全部安装“行驶诊断系统”，对机动车的工作状态进行实时监测，当有车辆超标时可以及时让其停止污染并接受维修。加利福尼亚州还出台了比美国政府出台的空气质量法还要严格的《污染防治法》，引导并促使美国和外国汽车生产商改进汽车的排放性能。

② 发展公共交通，减少汽车用量。洛杉矶地区大力提倡公共交通，扩建区内轻轨系统和洛杉矶市地铁系统；在高速公路上设立两人以上车辆专用通道，并允许单人驾驶新能源汽车使用专用通道；在市区增设自行车车道；要求船舶进入洛杉矶港口后使用岸上电源；设立过境运输车辆专用通道；淘汰高污染柴油车辆等。

③ 鼓励清洁能源和可再生能源的开发和利用。洛杉矶地区要求使用天然气替代石油或燃煤发电；鼓励使用风能、太阳能等可再生新能源；加强可再生能源和提高能源使用效率的研发；制定减少温室气体和臭氧排放的政策；提高建筑节能标准；为购买新能源汽车和安装太阳能设备的家庭提供财政补贴等。

三、德国

20 世纪 70 年代，德国空气污染日趋严重，影响了民众的生产和生活。德国治理空气污染主要通过完善应急措施和长效机制，软硬兼施。

① 依法治理，设立“环保区”。1974 年，德国政府出台了《联邦污染防治法》，制定大型工业企业污染排放标准，要求企业在规定时间内使空气过滤装置达标。

② 注重快速应对，雾霾严重时禁行车辆，关停工厂。如果空气出现严重污染，则必须立即采

取行动快速应对。对部分车辆实施禁行，或者在污染严重区域禁止所有车辆行驶；限制或关停大型锅炉和工业设备；限制城市内的建筑工地运作。

③ 注重长效机制，设定机动车排放标准，各类车辆都需满足设定的排放标准。欧盟所有成员国机动车均需符合欧盟统一标准。为了排放不超标，机动车辆须安装微粒过滤器等尾气清洁装置。在德国，安装过滤器的车主可获得国家补贴。严格设立大型锅炉和工业设施的排放标准。欧盟已统一规定了工业排放标准，出台了《工业排放令》。同时，对小型锅炉等供暖设备设定排放标准。

④ 实施“空气清洁与行动计划”。40 多年前，德国鲁尔工业区的莱茵河两岸污染严重。而今，青山绿水，空气清新，这与德国实施 100 个“空气清洁与行动计划”密不可分。“空气清洁与行动计划”减少可吸入颗粒物的具体方法首先是限制释放颗粒物的行为。

四、日本

日本在工业化初期也曾饱受空气污染之苦。1999 年，东京 600 多位国道沿线呼吸道疾病患者就以汽车尾气伤害其身体为由状告地方政府和八家汽车企业。经专家鉴定，汽车尾气造成的 PM2.5 确有强烈的致癌作用。正是这一诉讼案推动了日本政府对 PM2.5 的重视和地方政府着手管控交通的决心。

① 自 2000 年开始，日本政府开始要求汽车加装尾气净化装置，并禁止超标车投入运行。经过多年的努力，日本在汽车尾气排放控制方面取得了良好的效果。目前东京近十万辆出租车都成功改造，使用天然气运行，PM2.5 数值大幅下降。

② 2003 年，东京推出一项新立法，要求汽车加装过滤器，并禁止柴油机汽车驶入东京。

③ 2004 年，东京使用油电混合动力系统的出租车。这种汽车燃油经济性能较高，可以降低油耗，因此在当时被称作“生态出租车”。

④“环保”二字在日本深入民心，各种条例的出台更影响了日本汽车工业的发展趋势。排气量 660mL 以下的汽车因其环保、小巧而深受欢迎，成为日本汽车市场的主流。

五、法国

法国在近几年也陷入雾霾的困扰中，埃菲尔铁塔等建筑物在雾霾中几近消失。2014 年 3 月 13 日，法国多个地区遭遇高浓度微粒污染。巴黎为了应对持续恶化的雾霾侵袭，做过如下措施：

① 2014 年 3 月，法国首都巴黎实施汽车单双号轮流行驶措施。

② 巴黎大区的地区快线、地铁、公交车等公共交通工具免费供民众使用。

③ 将巴黎环城公路限速由时速 70km/h 降至 60km/h，途经巴黎及其周边地区高速公路的时速限速也分别下调 20km/h。

六、意大利

2008 年，米兰成为欧洲污染最严重的城市，此后一直处于欧洲污染最严重地区的名单。自 2007 年起，米兰已经多次采取限行措施。

① 米兰市对污染最严重的汽车征税。工作日 7 时至 19 时，污染严重的汽车必须缴纳 2~10 欧元税才能进入市区。

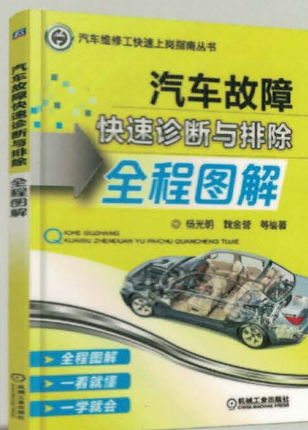
② 罗马实行“绿色周日”活动，只有电动汽车等环保车才能上街行驶。12 月 21 日和 22 日，罗马采取了单双号限行措施，违者被处以 150 欧元（165 美元）罚款。

③ 米兰于 2015 年 12 月 28 日—30 日采取车辆限行措施。与之相应，米兰将加大公交优惠力度，一张售价 1.5 欧元的“抗霾”特票可以使用一整天。

相关系列

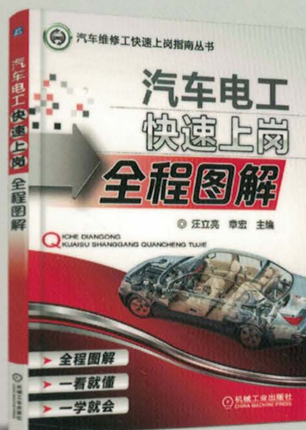


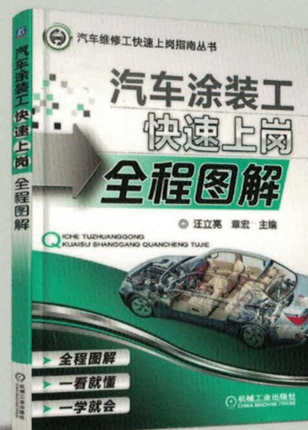
汽车维修工快速上岗指南丛书











上架指导 汽车维修提高

地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
服务咨询热线：010-88361066
读者购书热线：010-68326294
010-88379203
网络服务
机工官网：www.cmpbook.com
机工官博：weibo.com/cmp1952
金书网：www.golden-book.com
教育服务网：www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版



机械工业出版社微信公众号



扫一扫，加入汽车维修技师之家，免费领取汽车维修视频。

ISBN 978-7-111-57718-8

策划编辑◎何士娟 / 封面设计◎张静



定价：49.90元